

Подход к определению системного интеллекта в управлении сложными системами

В. С. Симанков¹, П. Ю. Бучацкий², С. В. Онищенко³, С. В. Теплоухов⁴

¹Кубанский государственный технологический университет

^{2,3,4}Адыгейский государственный университет

¹vs@simankov.ru, ²buch@adygnet.ru, ³osv@adygnet.com, ⁴tepl_sv@adygnet.ru

Аннотация. В настоящее время понятие искусственного интеллекта получает все более широкое распространение и развитие, но возникает сложность в точном определении данного понятия. В целом искусственный интеллект подразделяют на две больших категории: «слабый ИИ», подразумевающий создание экспертных систем, систем поддержки принятия решений, баз знаний, а также систем распознавания образов и «сильный ИИ», направленный на создание систем ориентированных не просто на обработку входной информации, но и обладающих частью когнитивных свойств, присущих человеческому мозгу.

Параллельно данным формулировкам, возникает определение гибридных интеллектуальных систем, которые могут интерпретироваться с двух позиций: как системы, основанные на комбинации более двух методов искусственного интеллекта и как системы, основанные на синтезе методов искусственного интеллекта и естественного интеллекта человека.

В связи с этим, в данной работе предлагается произвести классификацию подходов организации искусственного интеллекта, рассмотреть этапы развития парадигмы принятия решений и сформулировать определение системного интеллекта, позволяющего объединить различные структуры организации вычислительных систем с использованием различных интеллектуальных агентов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, гибридный интеллект, гибридные интеллектуальные системы, системный интеллект

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеется ряд государственных стандартов и нормативных актов, отражающих в своем содержании главные определения в сфере искусственного интеллекта [1–4].

Из имеющихся государственных актов можно выделить следующие основные определения в области искусственного интеллекта:

- искусственный интеллект – комплекс технологических решений, способных осуществить имитацию когнитивных функций человека и получать при выполнении результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека [1];
- сильный (общий) искусственный интеллект – способность системы подобно человеку мыслить, взаимодействовать адаптироваться к изменению условий и решать прочие задачи из области обработки информации, ассоциирующиеся с естественным интеллектом человека [3];

- слабый (узкий) искусственный интеллект – способность информационной системы частично имитировать человеческое сознание, в результате чего удастся достичь автоматизации определенных трудоемких технологических задач;
- технологии искусственного интеллекта – технологии, основанные на использовании искусственного интеллекта (компьютерное зрение, обработка естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальная поддержка принятия решений, перспективные методы искусственного интеллекта) [1, 2].

Рассмотренные стандарты охватывают широкий спектр различных видов интеллектуальных систем, в настоящее время они не вводят отдельного определения для гибридных интеллектуальных систем и гибридного подхода к организации искусственного интеллекта, являющихся последними достижениями в данной области знания.

При этом определено понятие экспертных систем, использующих в своем составе наборы правил, направленных на решение слабо формализуемых задач, при тесном взаимодействии с внешними интеллектуальными агентами [5]. Количество данных агентов может быть различным, что в конечном итоге может привести к возникновению коллективного интеллекта [6].

Возможным продолжением развития экспертных систем могут стать гибридные интеллектуальные системы, сочетающие несколько различных видов интеллектов (например, комбинацию методов ИИ), в связи с чем, в данной работе, предлагается рассмотреть основные определения в области гибридных интеллектуальных систем и определить понятие системного интеллекта, в перспективе позволяющего оценить мощность каждого из интеллектов в системе и осуществить его формализацию и оптимизацию, для решения определенного класса прикладных задач.

II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящий момент системы на основе гибридного интеллекта являются перспективными методами искусственного интеллекта, которые могут стать следующим витком развития интеллектуальных систем за счет совместного использования экспертных систем и коллективного разума интеллектуальных агентов с привлечением механизмов принятия решений в условиях высокой неопределенности и высокой динамики работы системы.

В связи с этим, предлагается рассмотреть существующие работы по направлению развития гибридных интеллектуальных систем и обозначить основные определения данного термина.

Существует два основных подхода в определении гибридных интеллектуальных систем:

- гибридные интеллектуальные системы как объединение нескольких методов искусственного интеллекта [7, 8];
- гибридный интеллект как синтеза естественного интеллекта человека и искусственного интеллекта информационной системы [9, 10].

Термин «гибридные интеллектуальные системы» (ГиИС) появился в 1992 году, и он подразумевал под собой совместное использование различных методов таких как: экспертные системы, нейронные сети, нечеткая логика и эволюционные алгоритмы [11].

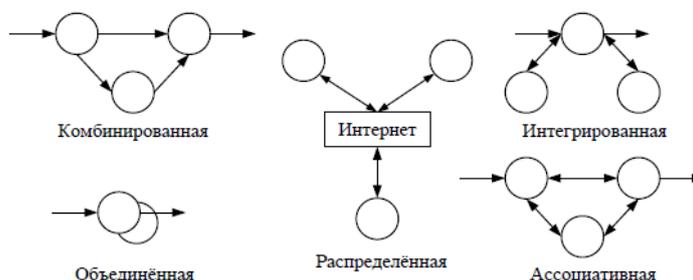


Рис. 1. Архитектуры гибридных интеллектуальных систем

Исходя из второго определения гибридных интеллектуальных систем, в их основе находится гибридный интеллект, основанный на концепции синтеза методов взаимодействия искусственного и естественного интеллектов [9, 10], а также синтеза эффективных компьютеризированных систем адаптивного взаимодействия людей не только между собой, но и с вычислительным устройством.

Авторы, придерживающиеся данной концепции, утверждают, что оптимальным вариантом развития вычислительных средств является создание и проектирование человеко-машинных вычислительных систем (ЧСВМ) с применением принципов самоорганизации с учетом опыта и эволюции естественного интеллекта с использованием принципа взаимной адаптации, являющейся одним из признаков гибридного интеллекта [17].

Два этих различных определения являются корректными и могут совместно существовать и использоваться, но при этом гибридная интеллектуальная система как синтез искусственных и естественных интеллектов является наиболее перспективным и интересным направлением в развитии информационных систем.

На основе того, что информационная система может содержать несколько видов интеллектуальных агентов, отличающихся между собой внутренней архитектурой и даже природой, можно ввести понятие системного интеллекта, позволяющее объединить в единое целое различные виды интеллектов, используемых в системе. Таким образом, системный интеллект может быть определен как объединение искусственного и

Существует ряд работ [12–15], где авторы говорят о создании ГиИС именно с позиции этого подхода.

Авторы этих работ приводят следующую классификацию ГиИС:

- однокомпонентные системы, использующие одно из средств искусственного интеллекта;
- многокомпонентные системы, использующие совокупность средств искусственного интеллекта, объединенных в единую вычислительную модель.

При этом сами ГиИС в зависимости от архитектуры разделяют на: комбинированные, интегрированные, объединенные и ассоциативные, что представлено на рис. 1 [16].

естественного интеллекта, которым обладает система для снижения неопределенности и принятия решений. При этом, использование такого интеллекта в рамках информационной системы позволит реализовать наиболее подходящую конфигурацию сочетаний различных методов искусственного интеллекта и различных категорий экспертов, в результате чего можно достичь наиболее оптимального режима функционирования системы в рамках конкретного класса решаемых задач. Возвращаясь к различным типам гибридных интеллектуальных систем, справедливо отметим, что системный интеллект может быть определен и для систем, основанных на взаимном использовании нескольких видов искусственного интеллекта, а не только на механизме синтеза ИИ и естественного интеллекта человека. В результате его оптимизации, по типу решаемой задачи, можно добиться снижения уровня неопределенности в рамках вычислительной системы большой сложности, что благоприятно влияет на процесс формирования верного решения.

Существует исследование [18], авторы которого создают метрику для определения системного интеллекта. Однако их задача останавливается на рассмотрении возможности оптимизации некоторой системы (в частности системы массового обслуживания) посредством вознаграждений и штрафов, в результате чего возникает возможность улучшить производительность системы и тем самым оптимизировать «системный» интеллект. В результате работы авторы смогли определить мощность интеллектуальной составляющей системы для определения наивысшего возможного уровня

«системного интеллекта», что несколько отличается от введенного нами определения, несмотря на то что человек принимает участие в данном цикле. В данном исследовании человек выступает лишь в роли активного пользователя системы, но никак ни эксперта, находящегося в постоянном и тесном взаимодействии с самой системой.

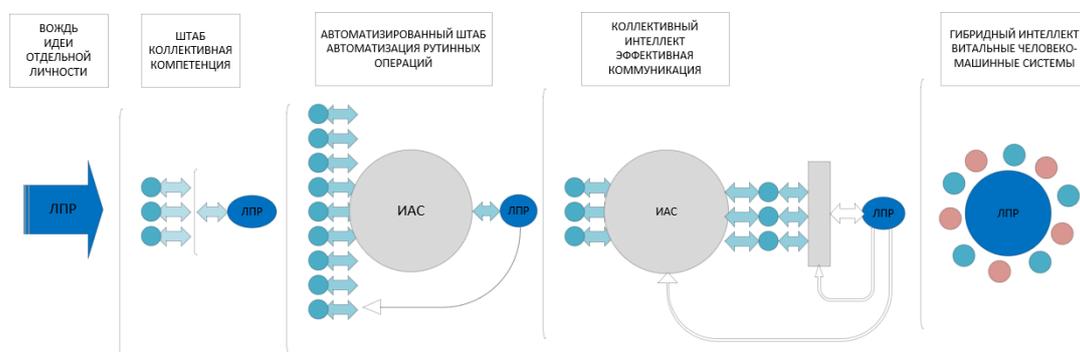


Рис. 2. Развитие парадигмы принятия решений

Наибольший интерес представляет гибридная система, основанная на синтезе искусственного и естественного интеллектов, где роль искусственного интеллекта заключается в обработке больших массивов входной информации и построении некоторых выводов и рекомендаций, поступающих следующему уровню интеллектуальных агентов – экспертам аналитикам. В результате этого человек или группа людей могут провести оценку полученных результатов, оценив их точность и корректность, после чего должна быть реализована возможность организации обратной связи с интеллектуальной системой, чтобы была возможность произвести коррекцию результатов, необходимую для улучшения следующих выводов результатов.

При организации такого подхода возникает синтез, в результате которого удастся объединить возможности вычислительного устройства, обладающего высокой производительностью и скоростью обработки данных и возможности человеческого разума по формированию конкретных решений, в том числе, и на основе интуитивного подхода, который может оказаться более результативным в условиях жесткого ограничения времени и неопределенности интерпретируемых результатов, получаемых с выхода вычислительной системы. При этом. Важным моментом является то, что суммарная интеллектуальная мощность не будет определена как простая аддитивная сумма мощностей всех интеллектуальных агентов. В результате подобного синтезированного взаимодействия возникнет синергетический эффект [20], в результате которого общая мощность, а как следствие и эффективность функционирования системы может увеличиться в разы.

Возникает задача оценки мер используемых интеллектов, которая является не тривиальной. При этом, следует отметить, что мощность искусственного интеллекта можно измерить, используя два подхода, основанных на:

- оценке результативности решения узких и хорошо определенных задач (таких как распознавание изображений);
- оценке способности системы к генерализации и обобщению.

Поскольку неотъемлемой частью гибридной интеллектуальной системы на основе системного интеллекта является процесс принятия решений [19], рассмотрим парадигму принятия решений, которая может быть разбита на 5 этапов, представленных на рис. 2.

Первый подход является более простым в реализации, однако его невозможно применить к подобной синтезированной системе, поскольку его суть заключается в некотором «состоянии» двух систем, решающих схожие задачи.

Второй подход является более сложным, поскольку он основывается на психометрии, изучающей теорию и методики психологических измерений, в том числе измерение знаний и способностей личности. Использование подходов психометрии позволяет не только оценить навыки решения конкретных задач, но и произвести оценку широких когнитивных способностей.

Франсуа Шолле вводит подход и формулу для оценки интеллекта системы, базируясь на алгоритмической теории информации, используя для оценки такие понятия, как опыт, сложность генерализации и априорные предпосылки [21].

Описанный автором подход позволяет оценить мощность интеллектуальной системы с учетом неопределенности входной информации на основе различных семантических правил и различных уровней обобщения.

Еще одной работой, посвященной определению мощности интеллектуальной части вычислительной системы является исследование [22], в котором авторы поднимают вопрос того, как измерить интеллект систем в рамках конкретных структур. Для характеристики интеллекта рассматриваемой структуры предлагается использовать два показателя, а именно функциональное разнообразие структуры и способность функционирования в конкретных условиях. Предложена мера степени интеллекта, с помощью которой вычисляется степень интеллекта нескольких базовых структур.

Аналогично предыдущим работам, в работе авторов [18] описан подход к определению интеллектуальной мощности системы на основе искусственного интеллекта, согласно которому они предлагают новую метрику для измерения уровней интеллекта динамических систем с участием человека в цикле, определяемую как максимальное среднее вознаграждение, получаемое за активное обслуживание

запросов пользователей при условии ограничения ресурсов. Подобная метрика отражает два важных элемента «интеллектуальности», то есть способность определения того, чего хотят пользователи, и реализация возможности их заблаговременного обслуживания, а также достижения надлежащего управления имеющимися ресурсами.

При этом, более сложной является процедура определения мощности интеллекта людей, выступающих в качестве экспертов, которая может быть построена только на использовании правил и законов психометрии и психологии принятия решений.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе были рассмотрены основные ключевые понятия из области искусственного интеллекта, отраженные в государственных стандартах, рассмотрено определение естественного и искусственного интеллектов.

Было определено, что в настоящее время наиболее перспективным направлением является разработка гибридных систем, основанных на синтезе методов искусственного и естественного интеллектов, которые позволят решать слабо формализованные задачи, характерной особенностью которых является высокая неопределенность входной информации. На основе этого было сформулировано определение системного интеллекта, позволяющего объединить в единую систему оценки все интеллекты, содержащиеся в системе. Реализация подобной конфигурации интеллектуальных агентов в рамках информационной системы позволит реализовать наиболее подходящую совокупность сочетаний различных методов искусственного интеллекта и различных категорий экспертов, в результате чего можно достичь оптимального режима функционирования системы в рамках определенного класса решаемых задач. Возвращаясь к различным типам гибридных интеллектуальных систем, справедливо отметим, что системный интеллект может быть определен и для систем, основанных на взаимном использовании нескольких видов искусственного интеллекта, а не только на механизме синтеза ИИ и естественного интеллекта человека.

Безусловно, важным моментом при таком подходе будет определение синергетического эффекта, возникающего в результате подобного синтеза, для чего необходимо определять мощность каждого из интеллектуальных элементов системы. После определения общей мощности подобной системы можно будет приступить к процессу оптимизации системного интеллекта, необходимой для решения конкретных прикладных задач в зависимости от уровня имеющейся неопределенности, сложности системы и ее динамики.

В результате этого может быть получена оптимальная информационная система, сочетающая в себе необходимые методы искусственного интеллекта, с привлечением группы экспертов, что в значительной степени позволит улучшить общую эффективность взаимодействия всех элементов системы и повысить итоговую производительность в рамках решаемого класса задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации" от 10 октября 2019 URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731>

[2] ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта; URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200177292>

[3] ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения; URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200177291>

[4] ГОСТ Р 59385-2021 Информационные технологии. Искусственный интеллект. Ситуационная видеоаналитика. Термины и определения URL: https://allgosts.ru/35/240/gost_r_59385-2021.pdf

[5] Tan, Chee Fai & Wahidin, L.S. & Khalil, Siti Nurhaida & Tamaldin, Noreffendy & Hu, Jun & Rauterberg, Matthias. (2016). The application of expert system: A review of research and applications. 11. 2448-2453.

[6] Falandays, J. Ben & Kaaronen, Roope & Moser, Cody & Rorot, Wiktor & Tan, Joshua & Varma, Vishwanath & Williams, Tevin & Youngblood, Mason. (2022). All Intelligence is Collective Intelligence. 10.31234/osf.io/jhrp6.

[7] Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. 164 с. ISBN 5-7782-0413-2

[8] Гибридная интеллектуальная система поддержки принятия решений для диагностики заболеваний легких / Н.С. Безруков, Е.Л. Еремин, Е.В. Ермакова, Ю.М. Перельман // Информатика и системы управления. 2008. № 2(16). С. 65-67. EDN JUCGWF.

[9] Карякин В.В. Гибридные интеллектуальные системы как симбиоз естественного и искусственного интеллектов // Россия: тенденции и перспективы развития. 2022. №17-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gibridnye-intellektualnye-sistemy-kak-simbioz-estestvennogo-i-iskusstvennogo-intellektov> (дата обращения: 28.11.2022).

[10] Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта. Эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990. 448 с

[11] Горожанина Е.И. Нейронные сети: учебное пособие. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. 84 с. Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. URL: <https://www.iprbookshop.ru/75391.html> (дата обращения: 23.10.2022)

[12] Funabashi M., Maeda A., Morooka Y., & Mori K. (1995). Fuzzy and neural hybrid expert systems: Synergetic al. IEEE Expert-Intelligent Systems and their Applications, 10(4), 32-40. doi:10.1109/64.403949

[13] Jacobsen H.A. A generic architecture for hybrid intelligent systems // IEEE Fuzzy Systems. Anchorage. Alaska. 1998.

[14] Лаврик С.А., Логинов Д.В. Построение гибридной нейрокспертной системы определения информативных сейсмических атрибутов // Новые технологии. 2007. № 4.

[15] Шпаков В.К. Гибридная интеллектуальная система управления мобильным роботом (ГИСУМР) // Сб. науч. Тр. Новосибирского государственного технического университета. 2019. № 2(95). С. 28-34. DOI 10.17212/2307-6879-2019-2-28-34. EDN DOLCHU

[16] Игнатъев В.В. Адаптивные гибридные интеллектуальные системы управления // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 12(113). С. 89-94. EDN NCJKOL.

[17] Сеченов М.Д. Гибридные интеллектуальные человеко-машинные вычислительные системы и когнитивные процессы // Известия ЮФУ. Технические науки. 1998. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gibridnye-intellektualnye-cheloveko-mashinnye-vychislitelnye-sistemy-i-kognitivnye-protsessy> (дата обращения: 23.10.2022).

[18] Longbo Huang. 2016. System intelligence: model, bounds and algorithms. In Proceedings of the 17th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 171-180. <https://doi.org/10.1145/2942358.2942387>

[19] Финн В.К. Искусственный интеллект: Методология, применения, философия. М.:КРАСАНД, 2011.

[20] Ковалев М.А. От гибридных интеллектуальных систем к гибридному интеллекту // Искусственные общества. 2020. Т. 15. № 2. С. 8. DOI 10.18254/S207751800009722-3. EDN FBMZGZ

[21] Белокопытов Ю.Н., Панасенко Г.В. Сознание за гранью искусственного интеллекта в условиях криминологической неопределенности // Профессиональное образование в современном мире. 2021. Т. 11, № 3. С. 195-205. DOI: <https://doi.org/10.20913/2224-1841-2021-3-19>

[22] Chollet, Francois. (2019). The Measure of Intelligence.

[23] Su W. "An Entropy-based Measure of Intelligence Degree of System Structures" 2022. doi:10.48550/arXiv.2208.10266.