

УДК 159.9; 004.81

## ИНТЕЛЛЕКТНЫЕ СИМБИОНТЫ В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С.Ф. Сергеев

Показано, что искусственный и естественный интеллекты связаны со сложностью организации наделенными ими систем в процессе их жизнедеятельности (функционирования) в среде. Разработана модель симбиотических объединений систем естественного и искусственного интеллектов, включенных в организованные и организуемые технические среды. Показано, что искусственные среды влияют на формирование и проявление интеллектуальных способностей погруженных в них пользователей в силу аутопоэтического характера возникающих межсистемных отношений. Введено понятие диффузного интеллекта как синергетического взаимообъединения искусственного и естественного интеллектов в организованной среде.

**Ключевые слова:** интеллект, искусственный интеллект, гибридный интеллект, диффузный интеллект, сложность, иммерсивные среды, коммуникация.

### Введение

Информационные технологии предоставляют разработчикам эргатических систем широкий спектр средств, повышающих их интеллектуальность, формируя отношения человека-оператора с технической системой, подобные отношениям, возникающим в процессе естественной социальной коммуникации [1]. Вместе с тем отметим, что взаимодействие человека с искусственными информационными средами отличается от его взаимодействия с естественными средами в силу структурно-функциональной дополнителности искусственных сред с когнитивными структурами человека, что ведет к процессам непрерывной модификации психических функций оператора [2]. Возникает проблема симбиоза между системами разной природы – биологическими, наделенными механизмами психического отражения и активного целепологания, и техническими, реализующими технологии искусственного интеллекта.

Наиболее часто эффективность функционирования сложных систем связывают с понятием «системный гибридный интеллект» [3], которое получает новые смыслы при включении человека в сложно-организованные среды. Техногенные среды ведут к новым формам интеграции человека с машиной, формируя гибридные и симбиотические формы естественного интеллекта, отличающиеся от классического интеллекта, возникшего в процессе жизнедеятельности человека в изолированных культурных средах и естественной среде жизнедеятельности. Это ведет к постановке задачи направленной модификации интеллектуальной сферы человека-оператора и повышения его эффективности в процессе взаимодействия с компонентами искусственного интеллекта эргатической системы. Цель настоящей работы – рассмотрение возможных вариантов симбиотического объединения человека-оператора с техническими системами и средами, обладающими свойствами систем с искусственным интеллектом.

### Интеллект в системно-психологических представлениях

Поиски оснований естественного интеллекта, а в более широком плане – человеческого ума, возможности создания их искусственных аналогов приобретают особое значение в связи с интенсивным развитием техники и технологий и пониманием ограниченности индивидуального человеческого разума [4, 5]. Развитие информационных технологий питает наблюдаемый в последнее десятилетие бум в области искусственного интеллекта.

Существование различий между людьми по умению решать задачи одного класса неоспоримо. Это позволило выдвинуть предположение о существовании в человеке особых ментальных структур, умственных способностей, отраженных в понятии «интеллект». Именно на этом предположении был основан самый известный классический тест для оценки коэффициента интеллекта (IQ, intelligence quotient) – шкала Д. Векслера, которая по настоящее время служит эталоном для оценки человеческого ума в его рациональных и культурно-лингвистических формах [6].

В современной интерпретации, предложенной в работах М.А. Холодной, интеллект – это форма организации когнитивного опыта человека, представленного в виде «накопленных» в ходе онтогенеза понятийных психических структур, степень сформированности которых определяет структурные характеристики субъективного пространства интеллектуального отражения. Основное назначение интеллекта по М.А. Холодной – построение особого рода репрезентаций происходящего, связанных с воспроизводством объективного знания о мире [7]. Отметим, что эта задача решается посредством создания и использования когнитивных инструментов [8, 9], которые должны быть достаточно удобны и эффективны для пользователя [10].

Будучи психологическими конструктами, проявляющимися при решении тестовых задач, показатели естественного интеллекта, несмотря на кажущуюся их «объективность», с трудом могут быть применены в технике при оценке систем искусственного интеллекта. Естественный интеллект имеет совсем другую природу, нежели «интеллектуальные возможности», заложенные в сложные технические системы их разработчиками.

В классических, главным образом, факторных моделях интеллекта рассматривается его адаптивная функция по отношению к окружающей и внутренней средам. Определение интеллекта как некоторой

способности, обуславливающей успешность адаптации индивида к новым условиям, является наиболее общим местом в моделях, использующих методологию классической научной рациональности [11].

В.Н. Дружининым сформулирован принцип, согласно которому трудность задачи определяет уровень интеллекта, необходимого для ее правильного решения [12, с. 14–25]. Фактор, обеспечивающий переработку сложной информации и детерминирующий индивидуальную продуктивность, В.Н. Дружинин называет «индивидуальным когнитивным ресурсом». Следствием этих положений является принцип: чем труднее задача, тем более высокий уровень развития интеллекта требуется для ее правильного решения. Вместе с тем заметим, что понятие «трудность задачи» не является синонимом понятия «сложность задачи». Трудность задачи связана с ее субъективным восприятием, интерпретацией и оценкой субъектом, который в процессе решения может как недооценивать, так и переоценивать объективную сложность задачи.

В классическом подходе среда рассматривается главным образом как отдельный фактор, влияющий на формирование и проявления интеллекта, а не как его неотъемлемая часть. Эта отделенность интеллекта от среды создает иллюзии его независимости и локализации в субстрате организма человека.

При изучении интеллекта никто не обращает внимания на его активный, организующий характер при формулировании задач, их оптимизацию под когнитивные средства и возможности, имеющиеся у конкретного обладателя интеллекта. Естественный интеллект активен и избирателен по своей природе. Он упрощает среду деятельности до уровня, позволяющего ее операционализировать и тем самым активно преобразовывать в нужном направлении.

В модели интеллекта Д. Гилфорда показаны возможности человека по универсальному структурированию среды. Выделено 120 интеллектуальных способностей (позднее их число было увеличено до 150), каждая из которых связана с определенным классом задач, представленных в координатах содержание–операция–продукт [13].

Р. Мейли выдвинул гипотезу о том, что структуру интеллекта составляют четыре фактора – доступной сложности, пластичности, целостности, беглости [14]. Экспериментальная проверка этой гипотезы показала, что теоретически выделенные факторы являются инвариантными и постоянно устанавливаются в структуре, начиная с 6-летнего возраста. На основе проведенных исследований Р. Мейли предложил «компонентную модель» интеллекта, в которой факторы трактовались как условия (компоненты) индивидуальных различий в выполнении разных интеллектуальных актов. Они могут относиться как к индивиду, так и к окружающей среде. Следовательно, структура интеллекта, включающая эти факторы, включает в себя структуру взаимодействия индивида со средой.

В теории множественного интеллекта Говарда Гарднера выделено девять типов интеллекта: лингвистический, логико-математический, визуально-пространственный, телесно-кинестетический, музыкальный, натуралистический, межличностный, внутриличностный и экзистенциальный [15]. Все виды интеллектов по Гарднеру равноценны, каждый представляет собой особый способ взаимодействия человека с окружающей действительностью. Очевидно, что каждый интеллект в данной модели эффективен только по отношению к специализированной среде, отражающей соответствующие формы культуры.

В практике инженерного проектирования сложных систем данные подходы имеют ограниченное применение, так как получаемые в соответствии с ними модели не универсальны и работают только в узком диапазоне условий.

### **Интеллект и сложность среды**

Мы наделяем систему высоким интеллектом только в случае, если она проявляет способности к решению сложных задач, не имеющих заранее готовых алгоритмов решения. Предполагается, что для решения простых задач интеллект не требуется. В связи с этим интеллект оказывается связанным с миром задач, различающихся между собой сложностью решения, и может интерпретироваться с позиций концепций сложности.

Выделяют «онтологическую» и «семиотическую» простоту/сложность. Под первой понимают сложность материального, физического мира, а под второй – оценку знаковых систем. Понятие интеллекта в большей мере связано с семиотической сложностью, хотя мир задач обусловлен и онтологической сложностью. Отношения между этими видами сложности и определяют средово-системный континуум, в котором порождается понятие «интеллект». Таким образом, традиционное понимание интеллекта как суммы локально принадлежащих когнитивному аппарату человека способностей (инструментальных возможностей искусственной системы в случае искусственного интеллекта) должно быть заменено на интегральные свойства, обусловленные средой и действующей (живущей) в ней системой. Интеллект определяется в значительной мере степенью освоенности конкретной среды системой, действующей в ней, степенью воплощенности в нее.

Большинство исследователей сложного считают, что представления о сложном могут быть сформулированы в следующих концептах: множественность; динамическое разнообразие; нелинейность; неравномерность; сложность самоорганизующихся систем. Эти же категории применимы и к понятию «ин-

теллект». Множественность рассматривается как многокомпонентность. Она относится к описанию сложных систем, непрерывно эволюционирующих и изменяющихся. Сложная система в этой парадигме предстает как процесс бесчисленного усложнения ее сущностей, возникновения новых элементов как элементов для новых творений. Интеллект может быть представлен как свойство, воплощенное в сложную динамическую систему, позволяющее достигать результат, определяемый условиями задачи.

Множественность в концепциях динамического разнообразия дополняется качественной характеристикой – разнообразием. Разнообразие связано с асинхронным существованием в среде динамически существующих и сосуществующих систем и их распадающихся элементов, которые могут образовывать, в свою очередь, новые системные сущности.

Концепт неравномерности отражает принципиальную неравномерность распределения в пространстве одновременно существующих различных форм материи (энергии, вещества), ведущую к локальной самоорганизации и возникновению новых систем. Постулируется холистический характер мира, который разделяется на элементы только в процессе работы механизмов человеческого интеллекта и сознания.

Концепция сложности самоорганизующихся систем отражает непрерывную динамику мира во всех ее принципиально непознаваемых количественно-качественных проявлениях, а интеллект в ней является эмерджентным свойством сложной системы, позволяющим последней эффективно решать задачи активного (формирование искусственной среды, созидательная деятельность) и пассивного (адаптация, приспособление к среде) существования в мире.

### **Синергетический базис искусственного интеллекта**

Е.Н. Князева обобщает существующие взгляды на сложность и сложные системы, формулируя и детализируя характерные свойства сложных систем в рамках синергетической парадигмы:

- сложность есть множество элементов системы, соединенных нетривиальным образом оригинальными связями друг с другом. Сложность есть динамическая сеть элементов, соединенных по определенным правилам;
- сложность есть внутреннее разнообразие системы, разнообразие ее элементов или подсистем, которое делает ее гибкой, способной изменять свое поведение в зависимости от меняющейся ситуации;
- сложность есть многоуровневость системы (существует архитектура сложности);
- сложные системы являются системами открытыми, т.е. обменивающимися веществом, энергией и (или) информацией с окружающей средой. Границы сложной системы порой трудно определить (видение ее границ зависит от позиции наблюдателя);
- сложные системы – это такие системы, в которых возникают эмерджентные феномены (явления, свойства), которые не могут быть «вычитаны» из анализа поведения отдельных элементов;
- сложные системы имеют память, для них характерно явление гистерезиса, при смене режима функционирования процессы возобновляются по старым следам (прежним руслам);
- сложные системы регулируются петлями обратной связи: отрицательной, обеспечивающей восстановление равновесия, возврат к прежнему состоянию, и положительной, ответственной за быстрый, самоподстегивающийся рост, в ходе которого расцветает сложность [16, с. 77–78].

Очевидно, что приведенные Е.Н. Князевой дефиниции сложных систем применимы и к интеллектуальным системам, так как в этом случае интеллект является функцией от сложности самоорганизующейся системы.

Далее в концепции Е.Н. Князевой делается ряд существенных дополнений к классическим взглядам на проблему сложных систем. Во-первых, сложные системы, по ее мнению, являются системами операционально закрытыми. Система одновременно является открытой и замкнутой по отношению к окружающей среде. Операциональная замкнутость означает селективность системы, наличие границы, упорядочивающей отношения системы со средой и окружающими системами. Система и среда проявляют взаимную активность. Среда меняет систему, но и система активно видоизменяет окружающую среду, вступая в коэволюцию с нею.

Сложность в современных синергетических концепциях является возникающим и исчезающим феноменом, циклически порождаемым в циклах самоорганизации. Многие ее аспекты перекликаются с понятием интеллекта. Можно предположить, что интеллектуальные функции отражают некоторые общие принципы самоорганизации аутопоэтических систем, в частности, их способность активно изменять сложность среды [17]. Отсюда следует, что все аутопоэтические системы, в том числе и образуемые социальными коммуникациями, обладают воплощенными в них интеллектуальными способностями.

### **Симбиотические интеллектуальные системы и среды**

Интеллектуальные эргатические системы представляют собой системы организованной сложности (таблица). Будучи организованными человеком, они содержат в себе в скрытой форме часть функций,

присущих системам, наделенным естественным интеллектом. Это искусственный интеллект, воплощенный в искусственную среду.

<b>Тип интеллектуального образования</b>	<b>Отношения между компонентами</b>	<b>Центр активности и управления, механизм</b>	<b>Отношения со средой деятельности, границы</b>
<b>естественный интеллект</b>	самоорганизация, аутопоэтическая система	сознание, эго-система человека	активное преобразование мира, границы динамично изменяются
<b>искусственный интеллект</b>	фиксированная или переменная программно-аппаратная структура	программа, алгоритм в структурированной или структурируемой среде	реализация алгоритма, ситуативное управление, границы фиксированные
<b>гибридный интеллект</b>	симбиоз, адаптация организованного и аутопоэтического компонентов к среде, объединения на макроуровне с приоритетом сознания	человек в структурированной среде	взаимная адаптация естественного и искусственного интеллектов, границы переменные
<b>диффузный интеллект</b>	селективные связи на всех уровнях аутопоэтически организованной и организуемой сред и человека	возникает в организованной среде	синергетическое объединение, границы формируются под задачу

Таблица. Формы интеллектуальных образований

Таким образом, мы приходим к понятию симбиотического диффузного интеллекта, который представляет собой систему, включающую естественный и искусственный интеллект в их синергетическом взаимодействии в сложноорганизованной искусственной среде. Чем выше уровень искусственного интеллекта, распределенного в среде эргатической системы, тем более эффективен при прочих равных условиях интеллект человека. Свойства симбиотического диффузного интеллекта зависят от способности естественного интеллекта пользователя освоить интерфейс и интеллектуальную компоненту среды. Отметим отличие понятия «диффузный интеллект» от понятия «гибридный интеллект», применяемого в сложных эргатических системах. Гибридный интеллект отражает свойство сложной системы, возникающее в процессе функционирования в ней естественного интеллекта, а диффузный интеллект возникает как синергетическое свойство в сложноорганизованной среде в процессе ее когнитивной коэволюции с системой естественного интеллекта. Гибридный интеллект основан на представлениях об адаптации систем, а диффузный – о взаимодействии и взаимной ориентации.

Эффективное взаимодействие естественного и искусственного интеллектов усиливает возможности человеческого интеллекта в искусственной среде, но только в определенных, предоставляемых технологиями границах.

Меняется парадигма интеллекта с его понимания как локально существующего в отдельной когнитивной системе феномена на способность человека обеспечивать эффективные межсистемные взаимодействия, ведущие к получению требуемого результата (решения задачи) в сложноорганизованных интеллектуальных средах.

#### **Интеллект эргатических систем с искусственным интеллектом**

Любая интеллектуальная эргатическая система представляет собой, в известной мере, автономную систему, осуществляющую с помощью оператора деятельность по достижению заданной цели в конкретной среде. Чем больше функций во взаимодействиях со средой без присутствия оператора может выполнять система, тем более сложной и интеллектуальной она кажется наблюдателю. Интеллект искусственной технической системы возникает и проявляется в условиях организованной сложности, в отличие от живых систем, активно организующих среду. Система искусственного интеллекта эргатической системы является системой организованной сложности, в которой взаимодействие элементов и функциональных областей строится на неслучайных отношениях, заданных проектировщиком в некоторых контекстах, которые непрерывно меняются, следуя логике эволюции задачи, вызываемой оператором.

Функциональная сложность эргатической системы может быть оценена по аналогии с когнитивной сложностью человека по количеству и типам решаемых задач. Ее сложность (и интеллектуальность) может определяться в привязке к конкретным решаемым задачам, к сложности программных средств, используемых в управляющем компьютере системы, с объемом и степенью дифференцированности кон-

тактов системы со средой и оператором. В качестве критерия сложности (интеллектуальности) может использоваться длина выполняемого алгоритма и количество циклов, позволяющих его реализовать.

Перспективным методом определения интеллектуальности эргатической системы является метод, учитывающий свойства культурного поля проектного коллектива, участвующего при создании системы. Чем шире спектр специалистов и более высока междисциплинарная нагрузка, тем система сложнее и интеллектуальнее.

Появление эргатических систем с искусственным интеллектом требует рассматривать вопросы взаимодействия естественного интеллекта оператора системы с искусственным интеллектом, воплощенным в технической части эргатической системы.

Можно дать ряд общих определений интеллекта и интеллектуальных симбионтов, действующих в эргатической системе и возникающих в процессе объединения искусственного и естественного интеллектов и среды деятельности.

1. Интеллект есть форма активной самоорганизации сложной системы, вовлекающая погруженного в среду пользователя в созидающие изменения.
2. Интеллект связан со средой как механизм ее организации, обеспечивающий процессы самоорганизации системы им наделенной.
3. Интеллект распределен в континууме «система–среда» и воплощен в циклах самоорганизации системы, действующей в среде.
4. Естественный интеллект представляет собой организующую сложность в организуемой среде, а искусственный интеллект – организованную сложность в организованной среде.
5. Гибридный и диффузный интеллекты представляют собой симбионты, включающие организующую и организованную сложности систем в их синергетическом и симбиотическом взаимодействиях как инструмент достижения цели актором в организованной и организуемой средах.
6. Интеллект отражает результаты селекции и применения самоорганизующейся системой эффективных способов достижения цели в организованной среде.

#### **Заключение**

Интеллектуальные симбионты являются проявлением различных форм межсистемных объединений различной материальной природы, в которых проявляется активная форма преобразования и структурирования среды.

Диффузный интеллект в организованной среде эргатической системы является формой самоорганизации когнитивной системы человека, погруженного в сложноорганизованную информационно-коммуникативную среду, в которой взаимодействуют формы искусственного и естественного интеллектов, находящиеся в симбиотическом взаимодействии, что ведет к появлению эффективных способов структурирования содержания искусственной среды и проявляется в эффективном достижении целей системы.

Гибридные формы интеллектуальных симбионтов представляют собой объединения, не нарушающие системную целостность составляющих их симбионтов. При этом совместное функционирование симбионтов порождает новые, полезные для гибридной системы интеллектуальные свойства.

При проектировании сложных эргатических систем важно правильно выбрать методы и технологии их интеллектуализации, которые, в основном, зависят от среды деятельности. Попытка полной автономизации и автоматизации системы связана со степенью организованности среды. При работе в условиях организованных сред целесообразно использование методов распределенного искусственного интеллекта, а в слабоструктурированных средах – включение и усиление возможностей естественного интеллекта.

При создании сложных эргатических систем необходимо учитывать эмерджентные свойства, возникающие вследствие сложной организации среды – эффекты интеллектуализации, кооперативных и гибридных форм интеллектов и их симбионтов. Включение в сложные техногенные среды человека также связано с эффектами модификации его личности и когнитивных систем, что ведет к возникновению техно-психических симбиозов. Например, память человека заменяется памятью технической системы, функции внимания и поиска информации – работой поисковых систем и т.д.

Материалы настоящего исследования могут быть использованы при создании систем интерфейсов сложных эргатических систем, включающих симбиотические объединения аутопоэтического типа, возникающие в распределенных эргатических системах с социальными формами управления и взаимодействия с операторами.

#### **Литература**

1. Сергеев С.Ф. Методология проектирования тренажеров с иммерсивными обучающими средами // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 1 (71). – С. 109–114.

2. Сергеев С.Ф. Методология создания мехатронных систем с искусственным интеллектом // Известия ТулГУ. Технические науки: В 3 частях. – Ч. 1. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – Вып. 5. – С. 245–249.
3. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: Эволюция, психология, информатика. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
4. Сергеев С.Ф. Психологические основания проблемы искусственного интеллекта // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – № 7. – С. 2–6.
5. Сергеев С.Ф. На пути от биоорганизации к киберорганизации: человек в тени искусственного интеллекта // Естественный и искусственный интеллект: методологические и социальные проблемы / Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: Канон+, РООИ Реабилитация, 2011. – С. 48–59.
6. Wechsler D. Wechsler Adult Intelligence Scale. – New York: The Psychological Corporation, 1955.
7. Холодная М.А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума: Учебное пособие. – М.: ПЕР СЭ, 2002. – 304 с.
8. Сергеев С.Ф. Инструменты обучающей среды: интеллект и когнитивные стили // Школьные технологии. – 2010. – № 4. – С. 43–51.
9. Сергеев С.Ф. Инструменты обучающей среды: стили обучения // Школьные технологии. – 2010. – № 5. – С. 19–27.
10. Сергеев С.Ф. Когнитивная педагогика: пользовательские свойства инструментов познания // Школьные технологии. – 2011. – № 2. – С. 35–41.
11. Степин В.С. Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различия // Постнеклассика: философия, наука, культура. – СПб: Издательский дом Мирь, 2009. – С. 249–295.
12. Дружинин В.Н. Психология общих способностей – СПб: Питер, 1999. – 368 с.
13. Гилфорд Д. Три стороны интеллекта // Психология мышления. – М.: Прогресс, 1965. – С. 434–437.
14. Meili R. Analytischer Intelligenztest (AIT) / Verlag H. Huber. – Bern, Stuttgart, Toronto, 1971. – 119 p.
15. Гарднер Г. Структура разума. Теория множественного интеллекта. – М.: Вильямс, 2007. – 512 с.
16. Князева Е.Н. Темпоральная архитектура сложности // Синергетическая парадигма. Синергетика инновационной сложности. – М.: Прогресс-Традиция, 2011. – С. 66–86.
17. Сергеев С.Ф., Заплаткин Ю.Ю., Захаревич М.А. Механизмы редукции в самоорганизующихся мирах циклических коммуникаций // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIV Международной конференции (19–22 июня 2012 г., Самара, Россия). – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. – С. 131–137.

*Сергеев Сергей Федорович* – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, доктор психологических наук, профессор, ssfpost@mail.ru