

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ
ИМ ТЕХНОЛОГИИ**

¹Голенков В. В., ²Гулякина Н. А., ³Шункевич Д. В.

^{1,2,3}Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск,
Республика Беларусь

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7856125>

Аннотация. В работе описаны стратегические цели Искусственного интеллекта и основные задачи научно-технической деятельности в этой области. Обозначены проблемы, актуальные для развития основных направлений и форм его деятельности. Предлагаются подходы к их решению, основанные на новом технологическом укладе, и обсуждаются вопросы, важные для успешного развития данной научно-практической дисциплины в целом.

Ключевые слова: Технология OSTIS, интеллектуальная компьютерная система, интеллектуальная компьютерная система нового поколения, решение задач, семантическое представление информации, база знаний.

Особенностью текущего состояния работ в области Искусственного интеллекта является переход к интеллектуальным компьютерным системам нового поколения. Эпицентром современного этапа автоматизации человеческой деятельности является низкий уровень автоматизации и большие накладные расходы на системную интеграцию различных компьютерных систем, то есть на создание сложных иерархических компьютерных комплексов и модернизацию компьютерных систем в ходе их эксплуатации [1]. Для автоматизации этих аспектов человеческой деятельности у современных компьютерных систем явно не хватает интеллекта и самостоятельности.

Необходимость перехода от современных *компьютерных систем* (в том числе, и от современных интеллектуальных компьютерных систем) к *интеллектуальным компьютерным системам нового поколения* обусловлена необходимостью перехода к автоматизации все более и более сложных видов и областей человеческой деятельности, требующих создания целых комплексов интеллектуальных компьютерных систем, способных самостоятельно эволюционировать и эффективно взаимодействовать между собой в процессе коллективного решения сложных задач.

Интеллектуальная компьютерная система нового поколения представляет собой самообучаемую интеллектуальную компьютерную систему, т.е. интероперабельную интеллектуальную компьютерную систему [2]. *Самообучаемая интеллектуальная компьютерная система*, в свою очередь, является интеллектуальной компьютерной системой, имеющей высокие темпы самостоятельно реализуемой эволюции, следствием чего является существенное снижение трудоемкости (затрат, накладных расходов) на ее модернизацию. Самообучаемость интеллектуальной компьютерной системы предполагает:

- способность мониторить состояние и динамику окружающей среды и корректировать свои действия при соответствующих изменениях окружающей среды (адаптивность);
- способность анализировать и повышать качество собственной базы знаний (структуризация и анализ противоречий, информационных дыр, информационного мусора);

- способность извлекать знания из внешних источников информации;
- способность анализировать и повышать качество собственной деятельности (в том числе способность учиться на собственных ошибках);
- способность анализировать качество деятельности других субъектов и извлекать из этого пользу для себя (учиться на чужих ошибках).

Высокий уровень *самообучаемости* интеллектуальной компьютерной системы обеспечивается:

- высоким уровнем гибкости интеллектуальной компьютерной системы;
- высоким уровнем стратифицированности интеллектуальной компьютерной системы;
- высоким уровнем рефлексивности интеллектуальной компьютерной системы;
- высоким уровнем познавательной активности.

Интероперабельная интеллектуальная компьютерная система – компьютерная система, способная к самостоятельному эффективному взаимодействию с другими системами. Интероперабельность интеллектуальной компьютерной системы представляет собой способность к взаимопониманию с другими системами и ее пользователями, что предполагает:

- семантическую совместимость с взаимодействующими системами и пользователями;
- договороспособность;
- способность к координации своих действий с действиями партнеров.

В основе предлагаемого нами подхода к построению интеллектуальных компьютерных систем нового поколения лежат следующие принципы:

- смысловое представление знаний, хранимых в памяти интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;
- онтологическая структуризация и систематизация хранимых в памяти знаний;
- децентрализованная ситуационная агенто-ориентированная организация *процессов решения задач*;
- конвергенция и глубокая (диффузная) интеграция различных моделей решения задач и, как следствие, гибридный характер *решателей задач*;
- смысловая интеграция входной информации, поступающей в индивидуальную интеллектуальную компьютерную систему извне по разным сенсорным каналам и на разных языках путем трансляции входной информации на общий универсальный *язык внутреннего смыслового представления знаний*.

Для сопровождения интеллектуальных компьютерных систем нового поколения нами предлагается *Технология OSTIS* (Open Semantic Technology for Intelligent Systems, Открытая семантическая технология проектирования интеллектуальных систем) [3]. К данной технологии предъявляются следующие требования:

- комплексность – Технология OSTIS обеспечивает совместимость всех частных технологий Искусственного интеллекта; совместимость, самообучаемость и интероперабельность разрабатываемых интеллектуальных компьютерных систем, а также поддержку не только проектирования интеллектуальных компьютерных систем, но и всего их жизненного цикла;

- универсальность – Технология OSTIS ориентирована на разработку и сопровождение интеллектуальных компьютерных систем нового поколения любого назначения;

- самообучаемость – Технология OSTIS обеспечивает перманентную эволюцию самой Технологии OSTIS (самой себя) благодаря тому, что она реализована в виде интеллектуальной компьютерной системы нового поколения, которая «знает» Технологию OSTIS и «умеет» ее использовать.

В свою очередь, интеллектуальная компьютерная система, построенная по Технологии OSTIS, называется *ostis-системой*. Основным продуктом Технологии OSTIS, представляющим собой Глобальную сеть *ostis-систем*, т.е. иерархический коллектив интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, является **Экосистема OSTIS**.

Основными компонентами Технологии OSTIS являются:

- Стандарт OSTIS – стандарт интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, а также методик, методов и средств поддержки их жизненного цикла;

- Метасистема OSTIS – Ядро Системы автоматизации поддержки жизненного цикла *ostis-систем*;

- Библиотека OSTIS – распределенная библиотека типовых (многократно используемых) компонентов *ostis-систем*.

К числу текущих фундаментальных *задач* по созданию теории и технологии интеллектуальных компьютерных систем нового поколения относятся:

1. Разработка теории иерархических многоагентных систем, агентами в которых являются индивидуальные или коллективные *интероперабельные интеллектуальные компьютерные системы*.

2. Унификация и стандартизация различных моделей представления и обработки знаний. Эффект от данной унификации будет виден не сразу. Но, если этого происходить не будет, мы никогда не придем к эффективной комплексной автоматизации человеческой деятельности. Эклектичное многообразие методов и средств автоматизации приводит не только к необоснованному дублированию разрабатываемых систем, но также и к повышению сложности их использования и сопровождения.

3. Конвергенция и интеграция различных направлений Искусственного интеллекта. Сейчас различные направления Искусственного интеллекта имеют достаточно высокий уровень развития (*signal processing, natural language processing*, логические модели, искусственные нейронные сети, онтологические модели, многоагентные модели и многое другое). Интеграция всех этих направлений является пусть и достаточно трудоемкой задачей, но задачей вполне решаемой, в основе решения которой лежит согласование смежных понятий.

4. Конвергенция таких видов деятельности в области Искусственного интеллекта, как:

- подготовка специалистов в области Искусственного интеллекта;
- инженерная деятельность по разработке прикладных интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- развитие технологии проектирования и поддержки жизненного цикла интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- научно-исследовательская деятельность в области Искусственного интеллекта.

Для развития *Технологии интеллектуальных компьютерных систем нового поколения* необходима также конвергенция этой Технологии со всеми видами и областями человеческой деятельности, которые не входят в состав деятельности в области Искусственного интеллекта. Развитие Технологии интеллектуальных компьютерных систем нового поколения носит ярко выраженный междисциплинарный характер. Это означает, что все знания, накапливаемые человеческим обществом в самых различных областях, должны быть представлены в составе Глобальной *базы знаний Экосистемы интеллектуальных компьютерных систем нового поколения* (с помощью порталов научно-технических, административных и прочих знаний), должны быть четко стратифицированы в виде иерархической системы семантически совместимых многократно используемых *онтологий* и превращены в иерархическую систему семантически совместимых *формальных* компонентов баз знаний интеллектуальных компьютерных систем различного прикладного назначения.

5. Обеспечение семантической совместимости интеллектуальных компьютерных систем нового поколения не только на этапе их проектирования, но и на всех последующих этапах их жизненного цикла.

6. Разработка модели коллективного поведения интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, то есть модели децентрализованного коллективного решения задач на уровне:

- *многоагентной системы*, агенты которой являются внутренними агентами индивидуальной интеллектуальной компьютерной системы, взаимодействующими через общую память (через общую базу знаний, хранимую в одной памяти);

- *многоагентной системы*, агенты которой являются интероперабельными интеллектуальными компьютерными системами, взаимодействующими через общую базу знаний, хранимую в памяти *корпоративной интеллектуальной компьютерной системы* или в памяти координатора деятельности временного коллектива интеллектуальных компьютерных систем.

В рамках теории *коллективного решения задач* можно выделить следующие задачные ситуации:

- задача, которая может быть решена той *индивидуальной интеллектуальной компьютерной системой*, в которой эта задача инициирована;

- задача, соответствующая компетенции того коллектива интеллектуальных компьютерных систем, в рамках которого эта задача инициирована;

- задача, выходящая за пределы компетенции того *коллектива интеллектуальных компьютерных систем*, в рамках которого эта задача инициирована. Такая задача требует формирования временного коллектива, координатором (но не менеджером) которого становится та интеллектуальная компьютерная система, в рамках которой указанная задача инициировалась. Для этого необходимо найти те интеллектуальные компьютерные системы, которые в совокупности обеспечат необходимую компетенцию.

Отметим при этом, что каждая *интероперабельная интеллектуальная компьютерная система* (как индивидуальная, так и коллективная) должна знать свою компетенцию для того, чтобы определить, сможет или не сможет она решить ту или иную заданную (возникшую) задачу. Это, в частности, необходимо для формирования временных коллективов интеллектуальных компьютерных систем.

7. Разработка принципов, лежащих в основе мощной Библиотеки многократно используемых и совместимых компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, которая обеспечивает полную автоматизацию интеграции этих компонентов в процессе сборки проектируемых систем.

8. Разработка методик и средств перманентного расширения Библиотеки многократно используемых компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения в самых различных областях человеческой деятельности:

- Научно-техническая деятельность в любой области должна сводиться к развитию баз знаний различных интеллектуальных порталов научно-технических знаний. При этом база знаний каждого такого портала должна декомпозироваться на фрагменты, включаемые в состав Библиотеки многократно используемых компонентов баз знаний интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, которые могут иерархически входить друг в друга. Для этого указанные компоненты должны соответствующим образом специфицироваться.

9. Разработчики любой интеллектуальной компьютерной системы должны декомпозировать разработанную систему на множество компонентов, включаемых в состав Библиотеки компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения – так, чтобы разработка любой аналогичной системы свелась к сборке компонентов из этой Библиотеки.

10. Все разработчики должны заботиться о расширении Библиотеки многократно используемых (типовых) компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, что приведет к существенному снижению трудоемкости разработки новых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения в рамках Экосистемы таких систем. При этом авторство компонентов указанной Библиотеки должно поощряться, что является фундаментальной основой развития рынка знаний, экономики знаний.

Если грамотно развивать и использовать Технологию интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, то разработка любой новой интеллектуальной компьютерной системы будет в основном сводиться к ее автоматической сборке из указываемых разработчиком компонентов этой системы. Некоторые компоненты разрабатываемой интеллектуальной компьютерной системы могут входить в текущее состояние Библиотеки компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, а некоторые из них будут требовать дополнительной разработки. Но при этом каждый такой новый компонент чаще всего является результатом модификации существующих компонентов из указанной Библиотеки и должен быть специфицирован и включен в эту Библиотеку. Таким образом, разработчик прикладной интеллектуальной компьютерной системы должен разработать не только эту систему, но и внести вклад в развитие Библиотеки компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, в результате которого разрабатываемая им следующая интеллектуальная компьютерная система может быть собрана без дополнительно разрабатываемых компонентов, а только из компонентов Библиотеки компонентов. Если все разработчики прикладных систем будут так действовать, то темпы повышения уровня автоматизации человеческой деятельности будут существенно возрастать.

К методологическим проблемам текущего этапа работ в области Искусственного интеллекта относятся [4,5]:

- социальная ответственность специалистов в области Искусственного интеллекта;
- глобальная цель деятельности в области Искусственного интеллекта;
- общие требования, предъявляемые к специалистам в области Искусственного интеллекта;
- требования, предъявляемые к фундаментальной подготовке специалистов в области Искусственного интеллекта;
- проблемы текущего этапа разработки теории и технологии интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.

Социальная ответственность специалистов в области Искусственного интеллекта

Современный этап развития теории и практики Искусственного интеллекта обнажает целый спектр проблем, препятствующих этому развитию. Дальнейшее развитие технологий Искусственного интеллекта:

- с одной стороны, может и достаточно быстро осуществить переход современного общества на принципиально новый уровень его эволюции, обеспечивающий комплексную автоматизацию всех подлежащих автоматизации видов и областей человеческой деятельности, а также обеспечивающий максимально возможный комфорт и максимально возможное раскрытие творческого потенциала каждого человека;
- с другой стороны, может достаточно долго и весьма убедительно для неграмотного обывателя имитировать указанный прогресс автоматизации человеческой деятельности – любая даже весьма достойная цель может быть загублена имитацией ее достижения;
- с третьей стороны, может достаточно быстро привести человеческое общество к деградации и самоуничтожению.

Таким образом, на современном этапе развития технологий Искусственного интеллекта, уровень социальной ответственности специалистов в области Искусственного интеллекта является определяющим фактором развития человеческого общества. Опасность для человеческого общества исходит не от интеллектуальных компьютерных систем, а от мотивации специалистов, которые разрабатывают эти системы. Очевидно, что создание интеллектуальных компьютерных систем, предназначенных для осознанного нанесения любого ущерба человеческому обществу, и требующих создания соответствующих интеллектуальных средств обеспечения безопасности, является короткой дорогой к самоуничтожению.

Усилия специалистов в области Искусственного интеллекта должны быть направлены на существенное повышение уровня интеллекта человеческого общества в целом, основой чего является комплексная автоматизация всех тех видов и областей человеческой деятельности, которые принципиально имеет смысл автоматизировать.

Глобальная цель деятельности в области Искусственного интеллекта

Почему современный этап деятельности в области Искусственного интеллекта требует формулировки глобальной цели этой деятельности и перманентного ее уточнения?

Современное состояние Искусственного интеллекта можно охарактеризовать как глубокий методологический кризис, обусловленный:

- тем, что научные результаты в этой области вышли из научных лабораторий и стали оказывать реальное практическое воздействие;
- отсутствием понимания того, что получение серьезных научных результатов в той или иной области и создание технологий, обеспечивающих эффективное практическое использование этих результатов – это соизмеримые по значимости и сложности задачи. Особенно это касается Искусственного интеллекта.

Последнее обстоятельство приводит к неоправданной эйфории, иллюзии благополучия и к бурно расцветающей эклектике, которая абсолютно игнорирует даже, казалось бы, очевидные законы общей теории систем.

К сожалению, локальное внедрение результатов научных исследований в области Искусственного интеллекта, локальная автоматизация бизнес-процессов какой-либо организации без учета системной организации всего комплекса методов и средств автоматизации различных видов и областей человеческой деятельности приводит к неоправданному дублированию результатов.

Если в ближайшее время не произойдет осознания глобальной (стратегической) цели работ в области Искусственного интеллекта, то деятельность в этой области в целом будет осуществляться в стиле «лебедя, рака и щуки». Трата усилий не приведет к целостному практически значимому результату. «Вектора» конкретных направлений этой деятельности, «вектора» наших усилий не будут иметь одинаковую направленность, что существенно снизит общую производительность всей этой деятельности и качество общего (суммарного) результата.

Какова же должна быть *стратегическая задача* (сверхзадача), которую должны решить специалисты в области Искусственного интеллекта? Очевидно, что такой сверхзадачей является переход всего комплекса человеческой деятельности на принципиально новый уровень максимально возможной его автоматизации, в рамках которого принципиально не автоматизируемой частью человеческой деятельности остается *творческая* деятельность, в частности, научно-исследовательская деятельность, преподавательская и воспитательная деятельность, перманентное повышение уровня комплексной автоматизации человеческой деятельности. Основная цель комплексной автоматизации человеческой деятельности заключается не только в том, чтобы автоматизировать то, что можно эффективно автоматизировать с помощью методов Искусственного интеллекта, а в том, чтобы автоматизировать все «узкие места» человеческой деятельности, которые определяют общую ее производительность в различных областях.

Таким образом, в настоящее время технологии Искусственного интеллекта находятся на пороге перехода к принципиально новому уровню развития – на пороге перехода от решения частных (локальных) задач к решению глобальной задачи комплексной автоматизации всех видов и областей человеческой деятельности, что требует автоматизации решения не только частных актуальных и важных задач, но и автоматизации решения задач все более и более высокого уровня, для которых автоматизируемые сейчас задачи становятся подзадачами. Другими словами, при автоматизации решения комплексных задач автоматизация фокусируется на разработке методов и средств взаимодействия между средствами решения локальных задач (частных задач).

Общие требования, предъявляемые к специалистам в области Искусственного интеллекта

Высокий уровень *социальной ответственности*, требуемый от специалистов в области Искусственного интеллекта, предъявляет к ним целый ряд очевидных, но, к сожалению, часто не учитываемых общих требований, необходимых для качественного участия в сложных коллективных социально значимых проектах. К таким общим требованиям относятся:

- Высокий уровень *мотивации* к участию в перманентной эволюции целостного технологического комплекса, обеспечивающего разработку эффективных интероперабельных интеллектуальных компьютерных систем. Комплексная и высококачественная технология разработки и сопровождения интероперабельных интеллектуальных компьютерных систем должна рассматриваться как ключевой продукт коллективной деятельности в области Искусственного интеллекта. Указанная мотивация предполагает соответствующую целеустремленность, отсутствие эгоизма, высокомерия, индивидуализма, изоляционизма, паразитизма.

- Высокий уровень *созидательной активности*, пассионарности, смелости.

- Высокий уровень *рефлексии* – способности анализировать собственные цели и действия и исправлять собственные ошибки, а также анализировать цели, действия и ошибки, совершаемые коллективом, членом которого специалист является. Одно дело искренне признавать логичность и целесообразность соблюдения тех или иных правил (принципов, требований) и совсем другое дело уметь видеть и исправлять собственные нарушения этих правил. Без такой рефлексии прогресс коллективного творчества невозможен. Знать то, как надо делать и реально следовать этому – не одно и то же.

- Высокий уровень *собственной интероперабельности*:

- способности к *взаимопониманию* и обеспечению *семантической совместимости*, требующей перманентного мониторинга текущего состояния и эволюции технологического комплекса;

- *договороспособности* – способности оперативно согласовывать свои цели и планы, детонационную семантику понятий и терминов, а также децентрализованно распределять подзадачи коллективно решаемой задачи;

- *способности координировать* и синхронизировать свои действия с коллегами в условиях возможного возникновения непредсказуемых обстоятельств.

Без высокого уровня интероперабельности разработчиков, невозможно обеспечить:

- конвергенцию, унификацию, стандартизацию интероперабельных интеллектуальных компьютерных систем;

- формирование мощной Библиотеки типовых компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- существенное снижение трудоемкости и повышение уровня автоматизации разработки и сопровождения интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- построение общей теории Экосистемы интеллектуальных компьютерных систем нового поколения и, соответственно, общей теории человеческой деятельности.

Таким образом, для создания интероперабельных интеллектуальных компьютерных систем необходимо, чтобы сами их создатели имели высокий уровень интероперабельности. Проблема обеспечить это является основным вызовом, который адресован специалистам в области Искусственного интеллекта на текущем этапе развития этой области.

Основной причиной, препятствующий формированию необходимого уровня интероперабельности у специалистов в области Искусственного интеллекта, является конкурентный стиль взаимоотношений между специалистами. Этот стиль взаимоотношений является широко распространенным способом стимулировать активность сотрудников. Но это не единственный способ стимулировать творческую активность в решении стратегически важных задач, каковой, в частности, является задача эффективной комплексной автоматизации всех видов и областей человеческой деятельности с помощью интероперабельных интеллектуальных компьютерных систем. Более того, конкуренция провоцирует эгоизм и игнорирование интересов иных субъектов (в том числе, и интересов того коллектива, членом которого субъект является). Таким образом, конкуренция явно противоречит принципам интероперабельности и, соответственно, принципам организации интеллектуальных сообществ, интеллектуальных творческих коллективов и организаций.

От конкурентного стиля взаимоотношений необходимо переходить к взаимовыгодному взаимодействию между субъектами всех уровней иерархии. В этом заключается основная суть интероперабельности и перехода к интеллектуальным коллективам и интеллектуальному обществу.

Требования, предъявляемые к фундаментальной подготовке специалистов в области Искусственного интеллекта

Необходимость существенного повышения уровня практической значимости и эффективности работ в области Искусственного интеллекта, требующего перехода к интеллектуальным компьютерным системам нового поколения и к принципиально новому технологическому комплексу, предъявляет к специалистам в области Искусственного интеллекта не только общие требования, необходимые для эффективного участия в сложных коллективных социально значимых проектах, но так же и высокие требования к их фундаментальной профессиональной подготовке:

- высокому уровню системной культуры, позволяющей «видеть» иерархию сложных систем, связи между различными уровнями и иерархии, разницу между тактическими и стратегическими задачами;
- высокому уровню математической культуры, культуры формализации;
- высокому уровню технологической культуры и технологической дисциплины;
- высокому уровню самообучаемости в условиях быстрого изменения технологической инфраструктуры.

Проблемы текущего этапа разработки теории и технологии интеллектуальных компьютерных систем нового поколения

Перечислим основные методологические проблемы текущего этапа работ в области Искусственного интеллекта, которые препятствуют решению рассматриваемых выше фундаментальных задач:

- Недостаточно высокий уровень осознания специалистами в области Искусственного интеллекта своей социальной ответственности.

- Отсутствие согласованного осознания глобальной цели работ в области Искусственного интеллекта, которая заключается в поэтапном повышении *уровня интеллекта* человеческого общества путем комплексной автоматизации всех аспектов его деятельности с помощью сети взаимодействующих между собой интеллектуальных компьютерных систем.

- Недостаточно высокий уровень интероперабельности специалистов в области Искусственного интеллекта и преобладание конкурентного стиля взаимоотношений.

- Недостаточно высокий уровень комплексной фундаментальной подготовки специалистов в области Искусственного интеллекта.

- Ярко выраженный междисциплинарный характер Искусственного интеллекта как области человеческой деятельности, требующий от специалистов умения работать на стыках наук.

- Отсутствие осознания необходимости глубокой конвергенции между различными направлениями Искусственного интеллекта и формализации всего комплекса знаний в области Искусственного интеллекта для их использования в базах знаний интеллектуальных компьютерных систем (прежде всего, инструментальных интеллектуальных компьютерных систем, входящих в состав технологического комплекса разработки и сопровождения интеллектуальных компьютерных систем различного назначения).

- Высокий уровень сложности комплексной формализации всех накапливаемых человечеством знаний (прежде всего, в области математики и общей теории систем) и их конвергенции с комплексом знаний, накапливаемых и формализуемых в области Искусственного интеллекта. Это необходимо для непосредственного использования накапливаемых человечеством знаний в интеллектуальных компьютерных системах различного назначения.

- Отсутствие осознания необходимости глубокой конвергенции и согласованности между.

- Проблема обеспечения *семантической совместимости* интеллектуальных компьютерных систем нового поколения не только на этапе их проектирования, но и на протяжении всего их жизненного цикла в условиях перманентной эволюции самих интеллектуальных компьютерных систем в ходе их эксплуатации, а также перманентной эволюции комплексной технологии их разработки [6,7].

Основная часть указанных проблем заключается в необходимости перехода к принципиально новому стилю и организации взаимодействия специалистов в области Искусственного интеллекта, без чего невозможен переход от частных теорий Искусственного интеллекта к *Общей теории интеллектуальных компьютерных систем*, обеспечивающей совместимость всех частных теорий Искусственного интеллекта, а также переход от частных технологий Искусственного интеллекта к *Комплексной технологии Искусственного интеллекта*, обеспечивающей совместимость всех частных технологий Искусственного интеллекта. В основе перехода к новому стилю взаимодействия специалистов в области Искусственного интеллекта лежит переход от конкуренции к синергетическому взаимовыгодному взаимодействию, направленному на конвергенцию и глубокую интеграцию частных (локальных) результатов, что приведет к преобразованию современного сообщества специалистов в области Искусственного интеллекта в *интеллектуальное сообщество*.

Предпосылки перехода к интеллектуальным компьютерным системам нового поколения:

- активно расширяющееся многообразие информационных ресурсов и сервисов, эффективность использования которых имеет низкий уровень из-за отсутствия их систематизации и совместимости [8,9];
- появление формальных онтологий как средства обеспечения семантической совместимости накапливаемых человечеством информационных ресурсов;
- активное развитие теории многоагентных систем, их самоорганизации, эмерджентности, синергии, теории интеллектуальных сообществ и организаций;
- развитие теории децентрализованного ситуационного управления («оркестр играет без дирижера»);
- Industry 4.0;
- University 4.0;
- появление работ, направленных на уточнение кибернетических принципов, лежащих в основе Общества 5.0.

Актуальные проекты текущего этапа работ по развитию Технологии OSTIS

Перечислим некоторые актуальные на данном этапе проекты прикладных интеллектуальных компьютерных систем нового поколения и средства их разработки:

- Разработка формализованного *Стандарта интеллектуальных компьютерных систем нового поколения*, представленного в составе базы знаний интеллектуального портала научно-технических знаний по теории интеллектуальных компьютерных систем нового поколения и обеспечивающего семантическую совместимость компьютерных систем этого класса [10].
- Разработка формализованного *Стандарта методов и средств поддержки жизненного цикла интеллектуальных компьютерных систем нового поколения*, представленного в составе базы знаний интеллектуальной Метасистемы автоматизации поддержки жизненного цикла компьютерных систем нового поколения (*Метасистемы OSTIS*).
- Разработка комплексной *Библиотеки типовых компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения (Библиотеки OSTIS)*, обеспечивающей совместимость типовых (многократно используемых) компонентов и полную автоматизацию их интеграции (соединения) в процессе сборочного (компонентного) проектирования семантически совместимых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.
- В рамках *Метасистемы OSTIS* обеспечение широкого доступа к текущему состоянию Стандарта OSTIS и разработка соответствующих средств семантической визуализации и навигации.
- В рамках *Метасистемы OSTIS* разработка средств автоматизации и управления процессом коллективного совершенствования (модернизации, реинжиниринга) Стандарта OSTIS.
- Разработка *программной платформы* для реализации интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.
- Разработка *ассоциативного семантического компьютера* для реализации интеллектуальных компьютерных систем нового поколения. Это универсальный компьютер, в котором осуществляется аппаратная реализация ассоциативной реконфигурируемой

(структурно перестраиваемой) памяти, в которой переработка информации сводится к реконфигурации связей между элементами памяти.

- Разработка архитектуры интеллектуальной компьютерной системы нового поколения, которая является персональным интеллектуальным ассистентом (секретарем, референтом) для каждого пользователя, обеспечивающим максимально возможную автоматизацию процесса взаимодействия пользователя со всей Глобальной экосистемой интеллектуальных компьютерных систем нового поколения (Экосистемой OSTIS). База знаний каждого такого персонального интеллектуального ассистента включает в себя:

- Персональную информацию соответствующего пользователя, доступ к которой другим интеллектуальным компьютерным системам предоставляет персональный интеллектуальный ассистент этого пользователя, но обязательно с разрешения этого пользователя и с сообщением пользователю соответствующих факторов риска. Персональная информация пользователя – это его медицинские данные, биографические данные, личные фотографии, неопубликованная интеллектуальная собственность, формируемые или отправленные сообщения, адресуемые другим пользователям или различным сообществам.

- Информацию о различных сообществах *Глобальной экосистемы интеллектуальных компьютерных систем нового поколения*, членом которых является соответствующий (ассистируемый) пользователь, с указанием роли (должности, обязанности), которую выполняет указанный пользователь в рамках каждого такого сообщества. Указанных сообществ может быть много – профессиональные сообщества, друзья, родственники, сообщества потребителей-производителей, административно-гражданские сообщества, банки, сообщества медицинского обслуживания и др.

- Информацию о собственных планах и намерениях (как о стратегических, так и о ближайших, включая встречи, переговоры, совещания).

Решатель задач персонального интеллектуального ассистента:

- обеспечивает максимально возможную автоматизацию различных видов профессиональной индивидуальной деятельности соответствующего (обслуживаемого) пользователя;

- обеспечивает интеллектуальное посредничество (представление интересов) обслуживаемого пользователя в рамках всех сообществ, в состав которых он входит.

Пользовательский интерфейс персонального интеллектуального ассистента:

- предоставляет пользователю средства управления его индивидуальной деятельностью, осуществляемой совместно с соответствующим ему персональным интеллектуальным ассистентом;

- обеспечивает унифицированный характер взаимодействия пользователей в рамках различных сообществ, в которые он входит. Простейшим видом сообществ является разовый диалог двух пользователей.

- Разработка унифицированного *комплекса средств автоматизации индивидуального проектирования фрагментов баз знаний*, входящего в состав *персонального интеллектуального ассистента* каждого пользователя и обеспечивающего поддержку индивидуального вклада в развитие как собственной (персональной) базы знаний, так и базы знаний других систем, входящих в состав Экосистемы интеллектуальных компьютерных систем. В состав указанного комплекса средств автоматизации входят:

- редактор внутреннего представления знаний (редактор *sc-текстов*);
- редакторы различных внешних форм представления знаний (*sc.g-текстов*, *sc.n-текстов*);
- трансляторы с внутреннего представления знаний на различные внешние формы представления;
- трансляторы с каждой формы внешнего представления знаний во внутреннее их представление;
- средства синтаксического и семантического анализа проектируемого фрагмента базы знаний;
- транслятор, обеспечивающий преобразование внутреннего представления знаний (в *SC-коде*) в естественно-языковое представление в формате языка разметки *LaTeX*, удовлетворяющее требованиям, предъявляемым к оформлению статей в сборниках научно-технических материалов. Данный транслятор позволит сконцентрировать усилия разработчиков различных интеллектуальных компьютерных систем на формализацию научно-технических знаний, используемых в интеллектуальных компьютерных системах, и существенно снизить трудоемкость подготовки и оформления публикаций соответствующих научно-технических результатов.

В перспективе различные научно-технические журналы должны быть преобразованы в интеллектуальные порталы коллективно разрабатываемых научно-технических знаний в различных областях.

- Разработка в рамках персонального интеллектуального ассистента набора *средств индивидуального комплексного перманентного медицинского контроля и мониторинга* соответствующего (обслуживаемого) пользователя.

- Разработка для каждого сообщества интеллектуальных компьютерных систем нового поколения унифицированного комплекса *средств коллективной разработки общей базы знаний* этого сообщества (базы знаний корпоративной системы указанного сообщества), в состав которого входят:

- средства сборки (интеграции) разрабатываемой базы знаний из индивидуально разрабатываемых ее фрагментов;
- средства согласования индивидуально разработанных фрагментов (персональных точек зрения, эпицентром чего является согласование используемых понятий);
- средства взаимного рецензирования;
- средства согласованной корректировки базы знаний;
- средства формирования и согласования плана совершенствования коллективно разрабатываемой базы знаний;
- средства контроля и управления процессом совершенствования коллективно разрабатываемой базы знаний.

- Расширение набора *средств автоматизации проектирования* различных видов компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения (*ostis-систем*) и различных классов таких систем.

- Разработка формальной структуры глобального комплекса автоматизируемой человеческой деятельности и соответствующей этому архитектуры Экосистемы *OSTIS*.

Существенное расширение направлений применения Технологии OSTIS (медицина, промышленность, строительство, юриспруденция и так далее).

- Разработка в рамках Экосистемы OSTIS комплекса средств и методик подготовки специалистов в области Искусственного интеллекта (на уровне обучения студентов, магистрантов и аспирантов).
- Разработка в рамках Экосистемы OSTIS комплекса средств информатизации среднего образования с помощью семантически совместимых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.
- Разработка в рамках Экосистемы OSTIS комплекса средств информатизации высшего технического образования с помощью семантически совместимых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.

REFERENCES

1. Палагин А. В. Проблемы трансдисциплинарности и роль информатики / А. В. Палагин // Кибернетика и системный анализ. — № 5, —2013, — С. 3-13.
2. Клещев, А.С. Облачная платформа для разработки и управления интеллектуальными системами / А.С. Клещев, В.В. Грибова, Д.А. Крылов, Ф.М. Москаленко, С.В. Смагин, В.А. Тимченко, М.Б. Тютюнник, Е.А. Шалфеева // материалы междунар. научн.-техн. конф. OSTIS-2011 (Минск, 10-12 февраля 2011г.). – Минск: БГУИР, 2011. С. 5-14.
3. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Давыденко И.Т., Шункевич Д.В. Семантические технологии проектирования интеллектуальных систем и семантические ассоциативные компьютеры // Доклады БГУИР. 2019, № 3, с. 42-50.
4. Щедровицкий Г.П. Исходные представления и категоризационные средства теории деятельности // Избранные труды. – М.: ШКП, 1995. – С. 232-298.
5. Лукашевич И.П., Мачинская Р.И., Фишман М.Н. Структурная организация медицинской информации “ЭЭГ-ЭКСПЕРТ” // “Математические методы в технике и технологиях” ММТТ-2000: Сб. тр. 13 Междунар. науч. конф. Т. 4. – СПб., 2000.
6. Боргест Н. М. Стратегии интеллекта и его онтологии: попытка разобраться / Н. М. Боргест // Онтология проектирования. – Т. 9, № 9 (34)/2019, — С. 407-425.
7. Бхатт, Ш., Чжао, Ц., Сетх, А., & Шалин, В. Графы знаний как средство улучшения ИИ // Открытые системы. 2020. (3).
8. Гатауллин Р.Р., Гатиатуллин А.Р., Гильмуллин Р.А., Невзорова О.А., Мухамедшин Д.Р., Сулейманов Д.Ш., Хакимов Б.Э., Хусаинов А.Ф. Формальные модели и программные инструменты компьютерной обработки татарского языка: Научное издание / под ред. Д.Ш. Сулейманова, А.Ф. Хусаинова. – Академия наук РТ, Институт прикладной семиотики АН РТ. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2019. – 260 с.
9. Муромцев Д., Волчек Д., Романов А. Индустриальные графы знаний – интеллектуальное ядро цифровой экономики // Control Engineering Россия. – 2019. – 5 (83).
10. Голенков, В. В. Открытая технология онтологического проектирования, производства и эксплуатации семантически совместимых гибридных интеллектуальных компьютерных систем / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, Д. В. Шункевич. – Минск : Бестпринт, 2021. – 690 с.