

УДК 004.8

## Стратегия развития деятельности в области искусственного интеллекта в Республике Беларусь

**А. М. Белоцерковский**

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,  
Минск

**В. В. Голенков**

Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
Минск

**В. А. Головко**

Брестский государственный технический университет,  
Беларусь

**В. В. Краснопрошин, А. М. Недзьведь**

Белорусский государственный университет,  
Минск

### Введение

В настоящее время во многих странах на государственном уровне утверждена стратегия развития работ в области искусственного интеллекта, что необходимо для согласования и координации научно-исследовательской и прикладной деятельности.

На текущем этапе работ в области искусственного интеллекта существуют следующие тенденции:

- переход от дифференциации подходов и направлений к их конвергенции и глубокой интеграции;
- переход от поиска компромиссных решений к формированию решений на основе консенсуса;
- переход от конкуренции к взаимодополняющему и взаимовыгодному взаимодействию;
- переход от узкоспециализированных решений к гибким, адаптивным и потенциально универсальным решениям [1, 2];
- переход от синтаксической совместимости к логико-семантической совместимости интеллектуальных компьютерных систем;
- формализация смысла и смысловое представление знаний;
- переход к иерархическим многоагентным моделям решения сложных задач [1–3];

- переход от централизованного к децентрализованному управлению взаимодействием агентов в многоагентных системах [2, 3];
- повышение уровня интероперабельности агентов;
- ситуационное управление процессом решения сложных задач, учитывающее изменения контекста (условий) решения задач [1];
- ориентация на интеллектуальные компьютерные системы принципиально нового поколения, удовлетворяющие современным требованиям;
- поиск подходов к эффективной аппаратной поддержке интеллектуальных компьютерных систем следующего поколения в виде универсальных компьютеров нового поколения.

### **Проблемы текущего этапа работ в области искусственного интеллекта**

Подавляющее большинство актуальных проблем текущего этапа развития теории, технологий и применения интеллектуальных компьютерных систем требуют объединения и координации усилий всех специалистов, работающих в области искусственного интеллекта [4, 5]. К числу указанных проблем относятся:

1. Проблема конвергенции и интеграции различных аспектов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения и соответствующей технологии комплексной поддержки их жизненного цикла:

- конвергенция и интеграция различных моделей представления и обработки информации в интеллектуальных компьютерных системах нового поколения;

- конвергенция и интеграция различных видов знаний в базах знаний интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- конвергенция и интеграция различных моделей решения задач в интеллектуальных компьютерных системах нового поколения;

- конвергенция и интеграция различных видов интерфейсов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- конвергенция и интеграция различных направлений искусственного интеллекта в целях построения общей формальной теории интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- конвергенция и интеграция технологий проектирования различных компонентов интеллектуальных компьютерных систем нового поколения в целях построения комплексной технологии проектирования интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

- конвергенция и интеграция технологий поддержки различных этапов жизненного цикла интеллектуальных компьютерных систем нового поколения в целях построения технологии комплексной поддержки всех этапов жизненного цикла интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.

ния: проектирования, воспроизводства, эксплуатации, мониторинга, модернизации;

– конвергенция и интеграция различных видов человеческой деятельности в области искусственного интеллекта (научно-исследовательской деятельности, развития технологического комплекса, прикладной инженерии, образовательной деятельности) для повышения уровня согласованности и координации этих видов деятельности, а также для повышения уровня их комплексной автоматизации с помощью семантически совместимых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

– конвергенция и интеграция самых различных видов и областей человеческой деятельности, а также средств комплексной автоматизации этой деятельности с помощью интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.

2. Проблема обеспечения объяснимости интеллектуальных компьютерных систем и повышения уровня доверия к ним.

3. Разработка методов и средств децентрализованного ситуационного управления деятельностью агентов на различных уровнях иерархических многоагентных систем.

4. Проблема создания саморазвивающихся и, в частности, самообучающихся интеллектуальных компьютерных систем.

5. Проблема обеспечения интероперабельности интеллектуальных компьютерных систем: семантической совместимости, взаимопонимания и координации деятельности интеллектуальных компьютерных систем в процессе коллективного решения задач [6].

6. Проблема информационного кризиса.

### **Задачи текущего этапа работ в области искусственного интеллекта**

Ключевые задачи текущего этапа работ в области искусственного интеллекта:

1. Разработка комплексной теории интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, особенностями которых являются:

*гибридность* – конвергенция и интеграция всевозможных видов знаний и моделей решения задач;

*семантическая совместимость* – унификация представления различных видов знаний и навыков;

*потенциальная универсальность* – возможность неограниченно расширять используемые знания и навыки (в том числе добавлять принципиально новые виды знаний и навыков) без необходимости внесения изменений в базовые средства их представления;

высокий уровень *интероперабельности* – способности к самостоятельному эффективному взаимодействию в процессе коллективного решения сложных задач;

способность к *децентрализованному* формированию работоспособных временных коллективов, назначенных для решения конкретных ранее не предусмотренных задач (нештатных ситуаций);

высокий уровень *гибкости* – простоты и возможного диапазона внесения различного рода изменений в интеллектуальную компьютерную систему (простоты модификации, модернизации системы), которые могут осуществляться как внешними субъектами (разработчиками), так и самостоятельно либо на этапе проектирования, либо на этапе сборки (наращивания, специализации), либо непосредственно в ходе эксплуатации;

высокий уровень *обучаемости* и самообучаемости на основе внешних информационных ресурсов с помощью внешних субъектов (в том числе учителей) или самостоятельно, а также на основе собственного опыта.

2. Разработка комплексной технологии компонентного проектирования, производства и сопровождения семантически совместимых интероперабельных интеллектуальных компьютерных систем [7–14], в основе которой лежит мощная и постоянно пополняемая библиотека семантически совместимых многократно используемых компонентов интеллектуальных компьютерных систем и соответствующий этому стандарт [9, 11, 14]:

– разработка технологии коллективного проектирования и модернизации *баз знаний* интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

– разработка технологии проектирования и модернизации *решателей задач* интеллектуальных компьютерных систем нового поколения;

– разработка технологии проектирования и модернизации *интерфейсов* интеллектуальных компьютерных систем нового поколения:

– пользовательских интерфейсов;

– средств обмена информацией между интеллектуальными компьютерными системами нового поколения;

– средств, обеспечивающих физическое (неинформационное) взаимодействие киберфизических интеллектуальных компьютерных систем нового поколения с внешней средой, – сенсорных и эффекторных подсистем.

3. Разработка программной платформы интеллектуальных компьютерных систем нового поколения, обеспечивающей реализацию базовой модели представления и обработки знаний в интеллектуальных компьютерных системах нового поколения.

4. Разработка универсального компьютера нового поколения, ориентированного на эффективную реализацию (аппаратную поддержку) интеллектуальных компьютерных систем нового поколения путем аппаратной интерпретации моделей обработки знаний на высоком уровне.

5. Переход от локальной к комплексной автоматизации всех видов и областей человеческой деятельности на основе общей теории этой деятельности путем разработки эволюционируемой глобальной экосистемы эволюционируемых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.

6. Реализация принципа человекоцентризма путем персонифицированной автоматизации деятельности каждого человека с помощью интеллектуальных компьютерных систем, выполняющих роль персональных ассистентов.

7. Организация подготовки специалистов в области искусственного интеллекта на основе широкого внедрения интеллектуальных компьютерных систем нового поколения в учебный процесс.

8. Разработка и внедрение интеллектуальных компьютерных систем нового поколения (в рамках глобальной экосистемы) во всевозможных отраслях: образовании, здравоохранении, научно-исследовательской и проектной деятельности, стандартизации, юриспруденции, энергетике, жилищно-коммунальном хозяйстве, транспорте, промышленном производстве, умных городах нового поколения и в других отраслях.

Подчеркнем, что основным практическим результатом текущего этапа работ в области искусственного интеллекта является создание не только интеллектуальных компьютерных систем следующего поколения, обеспечивающих эффективное взаимодействие при коллективном решении сложных задач, но и целостного технологического комплекса, обеспечивающего быстрое и качественное построение таких систем. В свою очередь, разработка указанного технологического комплекса требует решения следующих задач:

- четкого выделения логико-семантического уровня интеллектуальных компьютерных систем, который абстрагируется от всевозможных вариантов технической реализации этих систем (в том числе и от использования принципиально новых компьютеров, ориентированных на их аппаратную поддержку);

- разработки онтологии проектирования интеллектуальных компьютерных систем и унификации описания их логико-семантических моделей;

- обеспечения платформенно независимого характера логического проектирования интеллектуальных компьютерных систем, результатом которого является унифицированное описание логико-семантических моделей проектируемых систем;

- использования методики компонентного проектирования интеллектуальных компьютерных систем, в основе которой лежит постоянно пополняемая библиотека многократно используемых компонентов этих систем (многократно используемых подсистем, компонентов баз знаний, агентов обработки знаний, компонентов пользовательских интерфейсов);

– обеспечения семантической совместимости многократно используемых компонентов интеллектуальных компьютерных систем и семантической совместимости самих этих систем, а также технологий их проектирования и поддержки последующих этапов их жизненного цикла.

Очевидно, что решение всех перечисленных выше задач требует регулярного их обсуждения с участием всех соответствующих специалистов для согласования и координации различных направлений работ и, в частности, для согласования соответствующих тактических и стратегических планов.

### Заключение

Кризис современного состояния теории и практики искусственного интеллекта имеет фундаментальные причины и требует переосмысления принципиальных основ теории интеллектуальных компьютерных систем и технологий их разработки, сопровождения и эксплуатации; требует перехода к принципиально новому поколению интеллектуальных компьютерных систем и соответствующих им технологий.

К настоящему моменту в Республике Беларусь создана стартовая версия комплексной технологии разработки и сопровождения интеллектуальных компьютерных систем нового поколения. Предложенная технология комплексной поддержки жизненного цикла интеллектуальных компьютерных систем нового поколения названа Технологией OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems) [7–14]. Соответственно этому интеллектуальные компьютерные системы нового поколения, разрабатываемые по данной технологии, названы ostis-системами. Сама Технология OSTIS реализуется в виде коллектива ostis-систем, головной системой которого является Метасистема OSTIS. База знаний этой метасистемы содержит:

- формальную теорию ostis-систем;
- стандарт ostis-систем и Технологии OSTIS (Стандарт OSTIS);
- ядро Библиотеки многократно используемых компонентов ostis-систем (Библиотеки OSTIS);
- методики и инструментальные средства поддержки жизненного цикла ostis-систем и их компонентов.

Текущее состояние Технологии OSTIS прошло апробацию на целом ряде приложений, а также на ежегодных конференциях OSTIS, которые специально для этого были организованы начиная с 2011 г.

Текущее состояние Технологии OSTIS позволяет не только продолжить работы по ее развитию, но и начать работы по комплексному ее использованию для перевода информатизации Республики Беларусь на принципиально новый уровень, основанный на массовом применении семантически совместимых и самостоятельно взаимодействующих друг с другом

интеллектуальных компьютерных систем нового поколения. Основная проблема здесь заключается не в самих интеллектуальных компьютерных системах, а в необходимости переосмысления информатизации различных отраслей для обеспечения их семантической совместимости, стратифицированности, конвергентности и, как следствие, для максимально возможного упрощения соответствующих информационных ресурсов и информационных процессов. Эклектичная, близорукая, несогласованная реализация информационных ресурсов и процессов искусственно и существенно усложняет информатизацию и без того весьма сложных видов и областей социотехнической деятельности.

Кадровый потенциал, необходимый для реализации предлагаемой программы стратегического развития комплексной информатизации Республики Беларусь, имеется. С 1995 г. была начата подготовка молодых специалистов по специальности «Искусственный интеллект». В настоящее время подготовка молодых специалистов в области искусственного интеллекта ведется в ведущих университетах Республики Беларусь (БГУ, БГУИР, БрГТУ, ГрГУ, ПГУ).

Сложность подготовки специалистов в области искусственного интеллекта заключается не только в высокой степени наукоемкости этой области, но и в том, что формирование у них соответствующих знаний и навыков осуществляется в условиях быстрого морального старения текущего состояния технологий искусственного интеллекта, существенные изменения в которых происходят за время их подготовки. Поэтому надо учить не текущему уровню развития искусственного интеллекта, а тому уровню развития, который будет достигнут через пять и более лет.

При подготовке специалистов в области искусственного интеллекта необходимо формировать у них:

- культуру формализации, математическую культуру;
- системную культуру (в частности, умение осуществлять качественную стратификацию сложных динамических систем);
- технологическую культуру (в частности, умение отличать то, что следует унифицировать, и то, унификация чего ограничивает направление эволюции заданного класса сложных систем);
- технологическую дисциплину и умение работать в условиях децентрализованного управления проектами;
- культуру коллективного творчества (в частности, интероперабельность самих специалистов);
- высокую познавательную активность и мотивацию;
- умение сочетать индивидуальную творческую свободу и самостоятельность с обеспечением совместимости своих результатов с результатами коллег, т. е. сочетать свободу в создании (порождении) новых смыслов

при согласованности форм их представления – о понятиях, терминах и синтаксисе не спорят, а договариваются.

К сожалению, технологии, создаваемые человечеством, эволюционируют значительно быстрее, чем само человечество. Это является ключевой проблемой развития технологий искусственного интеллекта.

#### Список использованных источников

1. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика / Д. А. Поспелов. – М. : Наука, 1986.
2. Варшавский, В. А. Оркестр играет без дирижера. Размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими / В. А. Варшавский, Д. А. Поспелов. – М. : Наука, 1984.
3. Тарасов, В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В. Б. Тарасов. – М. : Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
4. Формирование стратегии развития Комитета по искусственному интеллекту в Научно-образовательном центре «Инженерия будущего» / И. И. Баринов, Н. М. Боргест, С. Ю. Боровик [и др.] // *Онтология проектирования*. – 2021. – Т. 11, № 3(41). – С. 260–293. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-3-260-293.
5. Палагин, А. В. Проблемы трансдисциплинарности и роль информатики / А. В. Палагин // *Кибернетика и системный анализ*. – 2013. – № 5. – С. 3–13.
6. Михневич, С. Ю. Эволюция понятия интероперабельности открытых информационных систем / С. Ю. Михневич, А. А. Тежар // *Цифровая трансформация*. – 2023. – Т. 29, № 2. – С. 60–66.
7. Голенков, В. В. Графодинамические ассоциативные модели и средства параллельной обработки информации в системах искусственного интеллекта / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина // *Доклады БГУИР*. – 2004. – № 1 (5). – С. 92–101.
8. Семантические технологии проектирования интеллектуальных систем и семантические ассоциативные компьютеры / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, И. Т. Давыденко, Д. В. Шункевич // *Доклады БГУИР*. – 2019. – № 3 (121). – С. 42–50.
9. Artificial Intelligence Standardization Is a Key Challenge for the Technologies of the Future / V. Golenkov, N. Guliakina, V. Golovko, V. Krasnoproshin // *Open Semantic Technologies for Intelligent System : proceedings of the 10th Intern. Conf. on Open Semantic Technologies for Intelligent System (OSTIS-2020)*, 19–22 Feb., 2020, Minsk. – Series "Communications in Computer and Information Science", vol. 1282. – Springer, Cham. – DOI: 10.1007/978-3-030-60447-9\_1.
10. On the Current State and Challenges of Artificial Intelligence. / V. Golenkov, N. Guliakina, V. Golovko, V. Krasnoproshin // *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems : proceedings of the 11th Intern. Conf. on Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2021)*, 16–18 Sept., 2021, Minsk. – Series "Communications in Computer and Information Science", vol. 1625. – Springer, Cham. – DOI: 10.1007/978-3-031-15882-7\_1
11. 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.



12. Golenkov, V. Next-generation intelligent computer systems and technology of complex support of their life cycle / V. Golenkov, N. Gulyakina // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2022) : сб. науч. тр. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 6. – С. 27–40.

13. Golenkov, V. The main directions, problems and prospects of the development of the next-generation intelligent computer systems and the corresponding technology / V. Golenkov, N. Gulyakina // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2023) : сб. науч. тр. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. В. Голенков [и др.]. – Минск, 2023. – Вып. 7. – С. 15–26.

14. Технология комплексной поддержки жизненного цикла семантически совместимых интеллектуальных компьютерных систем нового поколения ; под общ. ред. В. В. Голенкова. – Минск : Бестпринт, 2023. – 1064 с.