

ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АДАПТИВНОЙ ПОДГОТОВКОЙ СПЕЦИАЛИСТОВ

В.В. Борисов

д.т.н., профессор, НИУ «МЭИ»

e-mail: vbor67@mail.ru

Искусственный интеллект как особая область исследований и разработок

Искусственный интеллект – особая область исследований и разработок, охватывающая *моделирование (имитацию и усиление) компьютерными средствами познавательных функций человека (его естественного интеллекта)* (В.К. Финн, М.И. Забежайло).

В этой области выделяют два магистральных направления:

- во-первых, *формирование системы знаний*, необходимых для решения задач интеллектуальной деятельности с использованием компьютерных систем и технологий;
- во-вторых, *создание «инструментов» генерации нового знания* при решении интеллектуальных задач.

Процесс исследования заключается в переходе от исходных данных к целевому результату посредством имитации той последовательности «шагов», которые человек (используя естественный интеллект) выстраивает в процессе поиска решения – искомого целевого результата.

Решающая роль отводится двум компонентам компьютерного моделирования:

- поиску последовательности таких «шагов» – *цепочки* соответствующих *рассуждений*, описывающей алгоритм формирования целевого решения, и
- оценке *достаточности основания* для *принятия* полученных результатов (*доверия* как построенному способу формирования решения, так и собственно полученному с его помощью целевому результату).

Специфика современных задач, являющихся вызовом для методов и технологий искусственного интеллекта

- *анализируемые системы приобретают облик киберфизических и социо-киберфизических систем*, в которых информационные, информационно-вычислительные и информационно-управляющие процессы и компоненты тесно интегрируются в основные процессы и системы;
- *процессы организации и управления трансформируются под влиянием цифровых технологий*. Различные стадии цифровой трансформации процессов ограничивают применение технологий ИИ. Часто отсутствует информационная инфраструктура для работы с данными и знаниями, позволяющая эффективно использовать методы и технологии ИИ;
- *достаточно редко встречаются однородные большие данные* так как: (а) в ряде случаев объем таких данных ограничен (например, из-за уникальности ситуаций и решаемых задач); (б) наблюдается существенная динамика изменения свойств данных и жизненного цикла соответствующих им информационных технологий. Как следствие, данные становятся нестационарными и неоднородными, что ограничивает возможности адаптации существующих моделей и методов ИИ;

Специфика современных задач, являющихся вызовом для методов и технологий искусственного интеллекта

(продолжение)

- **разнообразии задач и процессов в зависимости от типов систем** (автоматизированных систем управления; информационных систем, информационно-вычислительных систем, программно-аппаратных комплексов; робототехнических комплексов и систем) **и процессов** (основных, вспомогательных, управления). Как следствие, **тиражируемость решений на основе ИИ ограничена**, а эффективность адаптации решений «прямым переносом» требует дополнительного обоснования в каждом конкретном случае;
- **взаимосвязанные процессы имеют различную природу** (организационно-управленческие, информационно-аналитические, логистические и др.). Потому эффект от применения методов и технологий ИИ также должен оцениваться многомерными метриками, учитывать достижимость многих целей;
- **возрастает роль человеческого фактора** по мере роста сложности, интенсивности и масштабности процессов. Это требует интеллектуальной поддержки принятия решений по схеме *Human-in-the-Loop*;
- **значительный объем формализованных априорных знаний предметной области** (например, в виде причинно-следственных зависимостей, экспертных обобщений) позволяет расширить перечень методов и технологий ИИ с акцентом как на **подходы, основанные на данных**, так и на **знание-ориентированные подходы**.

Базовые методы и технологии искусственного интеллекта

- Методы и технологии *компьютерного зрения*.
- Методы и технологии *распознавания и синтеза речи*.
- Методы и технологии *обработки и интеллектуального анализа естественных языков*.
- Методы и технологии *интеллектуальной поддержки принятия решений и управления*.
- Методы и технологии *машинного и глубокого обучения*.
- Методы и технологии *интеллектуального анализа больших данных и знаний*.
- Методы и технологии *инженерии знаний* (прежде всего, на динамических графах знаний, онтологии).
- Методы и технологии *мультимодальной аналитики и рассуждений*.
- Методы и технологии *планирования и управления целенаправленным поведением в неструктурированных средах*.
- Методы и технологии *мультиагентного управления*.

Особенности базовых методов и технологий искусственного интеллекта

- ориентированы на воспроизведение *отдельных базовых когнитивных функций* (компьютерное зрение, распознавание и синтез речи, обработка естественного языка, вывод на априорных знаниях конкретной предметной области и пр.);
- направлены на фрагментарную автоматизацию *локальных задач и процессов* (например, структурирование данных, анализ временных рядов параметров и изображений, анализ зрительных сцен, диагностика и прогнозирование процессов и состояний объектов/систем и др.);
- отражают *отдельные интеллектуальные свойства* реализуемых ими методов/-моделей:
 - *естественно-языковое представление компонентов и взаимосвязей;*
 - *возможность обработки разнокачественной информации, измеряемой и оцениваемой с использованием различных шкал;*
 - *возможность учета неполноты и неопределенности различного типа;*
 - *адаптивность (возможности структурно-параметрической настройки и обучения) к изменениям системных и внешних факторов;*
 - *удобство и гибкость использования;*
 - *интерпретируемость и объяснимость процессов и результатов.*

Проблемно-ориентированные методы и технологии искусственного интеллекта

- *методы и технологии «дополненного ИИ»*, то есть технологии интеллектуальной поддержки принятия решений на основе совместного выполнения сложных задач специалистами и методами ИИ в условиях недостатка информации, высокой неопределенности, сложности, интенсивности. Осуществляется конвергенция преимуществ (специалистов и методов ИИ) для достижения наилучших результатов.
- *методы и технологии интеллектуальных мультимодальных интерфейсов, мультимодальной аналитики и рассуждений*, имеющих прогнозный и доказательный характер;
- *методы и технологии генеративного конструирования киберфизических и социо-киберфизических систем*, то есть создания цифрового описания реальных объектов/системы (и «цифровых следов» – поведения) с учетом неопределенности, а также различных типов взаимодействия;
- *композиционные методы и технологии анализа и моделирования*, обеспечивающие построение и адаптацию *композиционных гибридных моделей*, на основе совокупности компонентных (аналитических, имитационных, интеллектуальных) моделей для наилучшего решения декомпозированной совокупности задач по достижению общей цели;

Проблемно-ориентированные методы и технологии искусственного интеллекта (*продолжение*)

- *методы и технологии мультиагентного обучения с подкреплением для интеллектуальной поддержки принятия решений и управления.* Эффективное применение этого подхода обусловлено возможностью использования сложных моделей среды с помощью цифровых двойников, а сам процесс взаимодействия агентов определяет рациональную интерпретацию ситуаций;
- *метрологические когнитивные методы и технологии.* Использование методов машинного и глубокого обучения позволяет дополнять недостающие данные;
- *аватар-подобные методы и технологии,* воспроизводящие взаимодействие человека с системой поддержки принятия решений или с персональным ассистентом.

Особенности проблемно-ориентированных методов и технологий искусственного интеллекта

- призваны решать *комплексные задачи*, являющиеся предметом «синтетической» деятельности специалистов;
- имеют выраженный *проблемно-ориентированный характер*;
- *«инкапсулируются»* вокруг конкретных задач/проблем предметной/проблемной области;
- *порождаются «наборами» базовых методов и технологий ИИ*;
- формируют основу и *создают условия для системной цифровой трансформации* с интеграцией в информационно-телекоммуникационной инфраструктуре.

Примечание

Создание *проблемно-ориентированных методов и технологий ИИ*, претендующих на «статус» «сильного ИИ», возможно за счет «инкапсуляции» базовых методов и технологий ИИ вокруг решения комплексной прикладной проблемы. Однако это – лишь необходимое условие, так как простое объединение базовых методов и технологий ИИ без *проведения поисковых фундаментальных исследований*, «провоцируемых» решаемой проблемой, к желаемому результату не приведет.

Тенденции применения проблемно-ориентированных методов и технологий искусственного интеллекта

- **повышенное внимание к современным технологиям сбора, разметки и интерпретации исходных данных** с учетом их мультимодальности, неоднородности, нестационарности, пропусков и зашумления, противоречивости малых выборок;
- **активное использование для обучения и адаптации моделей ИИ синтетических данных**, полученных с помощью имитационного моделирования на основе цифровых двойников, а также применение методов и моделей ИИ для решения обратной задачи – **настройки цифровых двойников** при изменениях данных;
- **интерес к гибридным методам и моделям ИИ, использующим совместно алгоритмы на априорных знаниях и на данных**, с целью повышения эффективности работы в условиях неопределенности и неполноты данных;
- **рациональная интерпретация ситуаций** (обеспечение ситуационной осведомленности), что позволяет реализовать принятие решений в виде многокритериального оптимизационного процесса в условиях неопределенности;
- **повышение возможностей квантификации процессов**, что обеспечивает эффективные возможности валидации систем и методов ИИ, их анализа и оценки качества.

Проблемы развития искусственного интеллекта как особой области исследований и разработок

- решаемые проблемы имеют *междисциплинарный и комплексный характер* (требующий от специалистов знаний и умений в разнообразных предметных областях: биологии, когнитологии, психологии, нейрофизиологии, нейролингвистики);
- данная *область исследований сравнительно молода*, отсутствуют устоявшиеся понятийные конструкции, методы исследования, универсальные (признаваемые всеми) познавательные подходы;
- развитие ИИ провоцируется, как правило, постановкой и *необходимостью решения сложных задач, не «поддающихся» решению другими подходами.*

Примечания

ИИ успешно развивается от конкретных задач и требует проведения проблемно-ориентированных фундаментальных исследований. ИИ-инструментарий также формируется «вокруг» этих задач.

Перечень таких задач постоянно пополняется новыми элементами (сохраняя в своем составе ряд, ставших для ИИ «классическими», классов приложений).

ИИ развивается волнами в конкретных направлениях, отталкиваясь от исследовательских и технологических барьеров, пополняя фундаментальный задел оригинальными математическими моделями, методами, а прикладной задел – эффективными алгоритмами, программными средствами, системами и технологиями.

Проблемы интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов

Адаптация процесса подготовки специалистов к динамически изменяющимся условиям

Как учесть внешние изменения (потребности работодателей, усложнение производственных процессов, развитие технологий и т. д.)

Повышение эффективности адаптивной подготовки специалистов

Как качественно и оперативно управлять адаптивной подготовкой специалистов

Реализация интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов

Как реализовать жизненный цикл подготовки специалистов

Этапы цикла интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов

1. Поиск, сбор, анализ, обработка информации и определение целей подготовки

2. Планирование подготовки и прогнозирование ее результатов

2.1 Анализ исходных данных для подготовки

2.2 Моделирование

3. Принятие решения на подготовку

4. Контроль подготовки и оценивание результатов

5. Анализ результатов подготовки

6. Принятие решения на изменение и формирование управляющих воздействий

Задачи этапа поиска, сбора, анализа, обработки информации и определения целей подготовки

- *определение* руководителем занятия *информационной потребности* относительно поставленной задачи на подготовку;
- *анализ* руководителем занятия *качества* найденной и полученной *информации* (полнота, точность, актуальность, своевременность);
- *определение pertinентности* полученной *информации*;
- *анализ динамического изменения условий выполнения задач* по накопленному опыту;
- *определение и адаптация целей* каждого этапа подготовки в соответствии с направленностью и спецификой решаемых задач;
- *определение показателей и критериев достижимости* каждого этапа подготовки.

Задачи этапа анализа исходных данных для подготовки

- ***построение эталонных профилей*** специалистов;
- **определение и *анализ текущего состояния*** специалистов;
- ***актуализация профиля*** специалистов;
- ***анализ эталонного и актуального профилей*** специалистов и определение степени несоответствия между требуемым и текущим уровнем подготовленности;
- ***определение*** имеющихся ***ресурсов*** для подготовки (время, учебные объекты, ТСО);
- ***анализ прецедентных траекторий подготовки*** специалистов;
- ***построение структуры процесса адаптивной подготовки;***
- ***определение*** необходимых ***информационных ресурсов*** для адаптивной подготовки;
- ***построение сценарной модели*** адаптивной подготовки.

Задачи этапа моделирования

- *построение моделей эталонных процессов* адаптивной подготовки;
- *построение дискретно-событийных моделей процессов* адаптивной подготовки;
- *моделирование процессов* адаптивной подготовки;
- *анализ результатов моделирования процессов и выявление рисков* недостижимости целей каждого этапа адаптивной подготовки;
- *корректировка* (при необходимости) *моделей процессов адаптивной подготовки* и их *моделирование в изменяющихся условиях*;
- *учет сформированных траекторий* с учетом прецедентов и лучших практик.

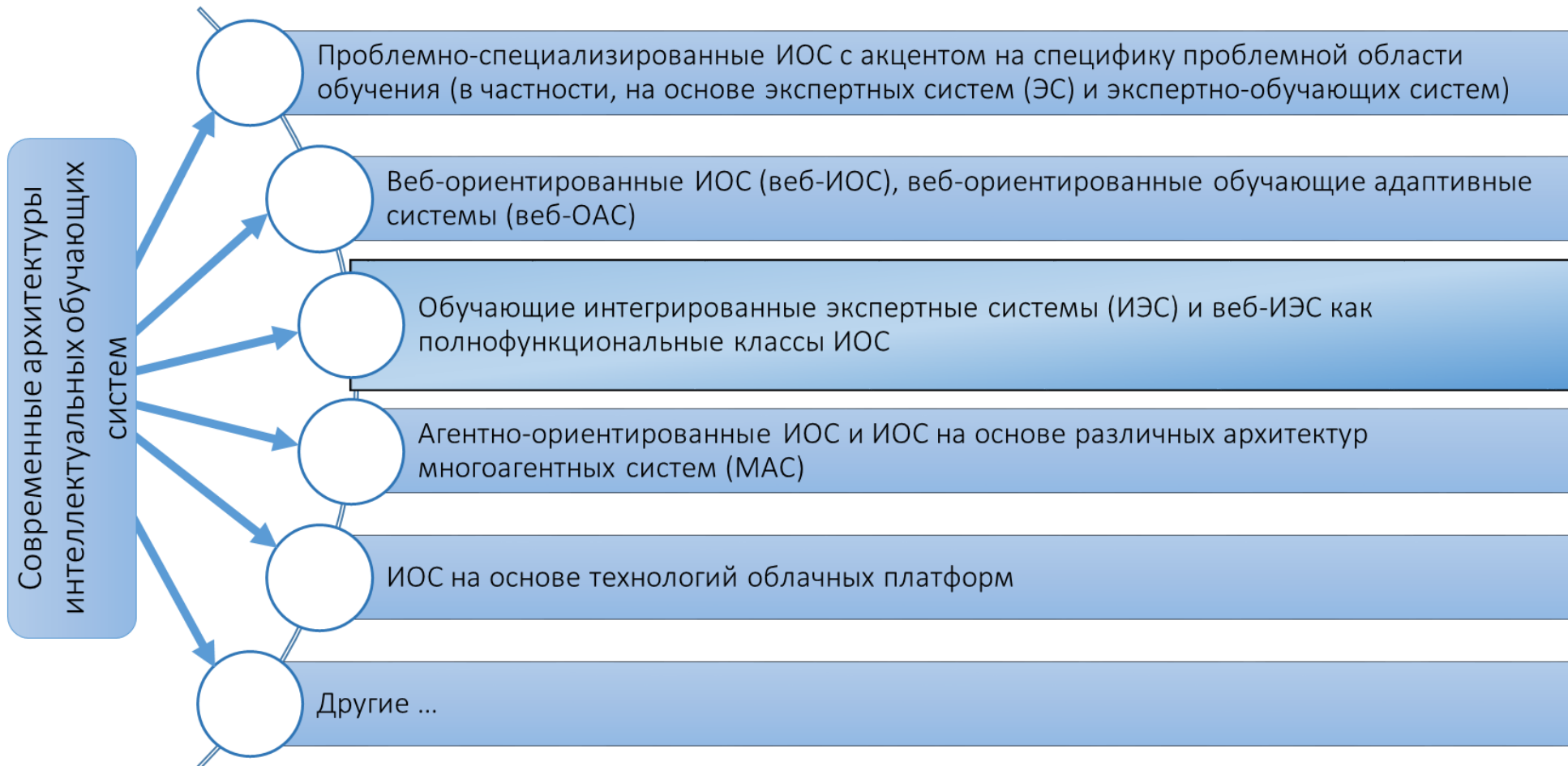
Задачи этапа контроля подготовки и оценивания результатов

- *контроль результатов* этапа подготовки;
- *контроль порядка выполнения* алгоритмов решения задач;
- *фиксация ошибок*, совершаемых при выполнении операций алгоритма решения задач;
- *контроль времени выполнения* операций алгоритма решения задач;
- *оценивание степени несоответствия* заданных результатов с текущими;
- *оценивание выполнения правильной последовательности* алгоритмов решения задач;
- *оценивание слаженности групп* специалистов;
- *формирование комплексной оценки* за этап подготовки.

Задачи этапа анализа результатов подготовки

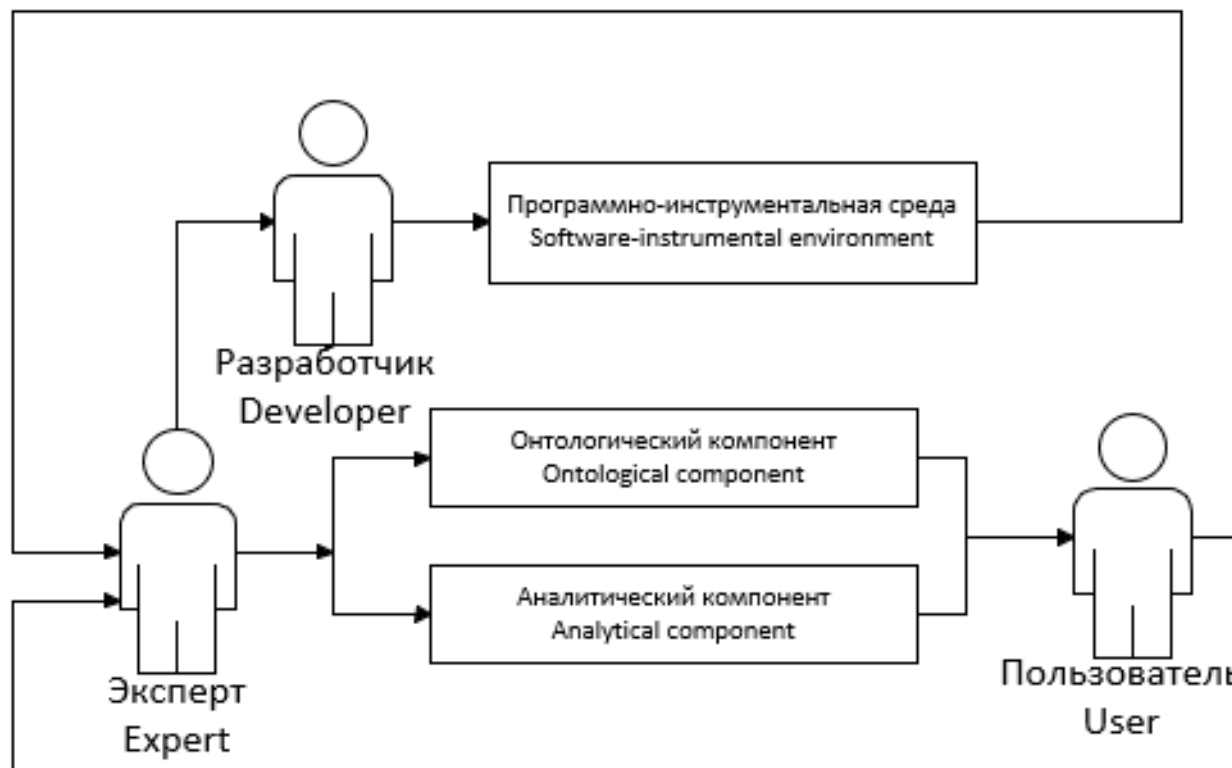
- *определение типов ошибок, пробелов* в знаниях;
- *определение причин* совершения *ошибок*;
- *анализ результата* выполнения этапов подготовки;
- *вывод о достижимости/недостижимости* этапов подготовки;
- *анализ чувствительности* специалистов к управляющим воздействиям;
- *анализ динамики изменения* знаний, умений, навыков;
- *сопоставление результатов* выполнения этапа подготовки специалиста с прецедентным этапом подготовки;
- *выявление причин* в случае не достижения заданных результатов этапов подготовки;
- *учет результата* этапов подготовки и пополнение базы данных прецедентов.

Интеллектуальные обучающие системы (по Г.В. Рыбиной)



Программно-инструментальная среда интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов

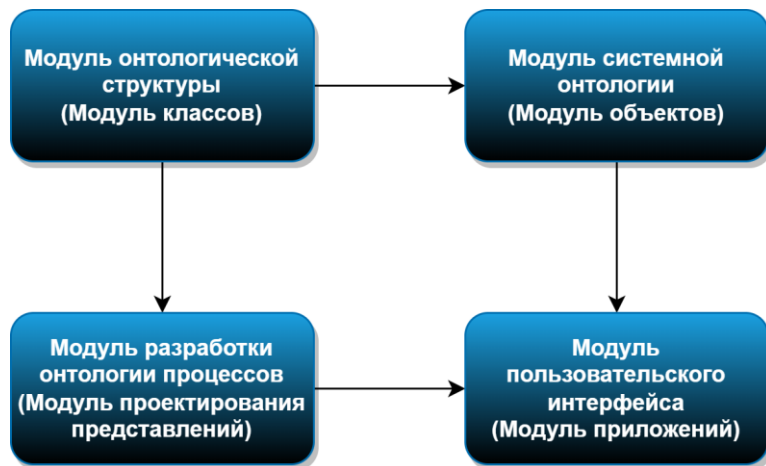
*(руководитель группы разработчиков к.т.н. А.Е. Мисник,
БРУ, Могилёв, Беларусь, докторант НИУ «МЭИ»)*



Онтологический инжиниринг интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов

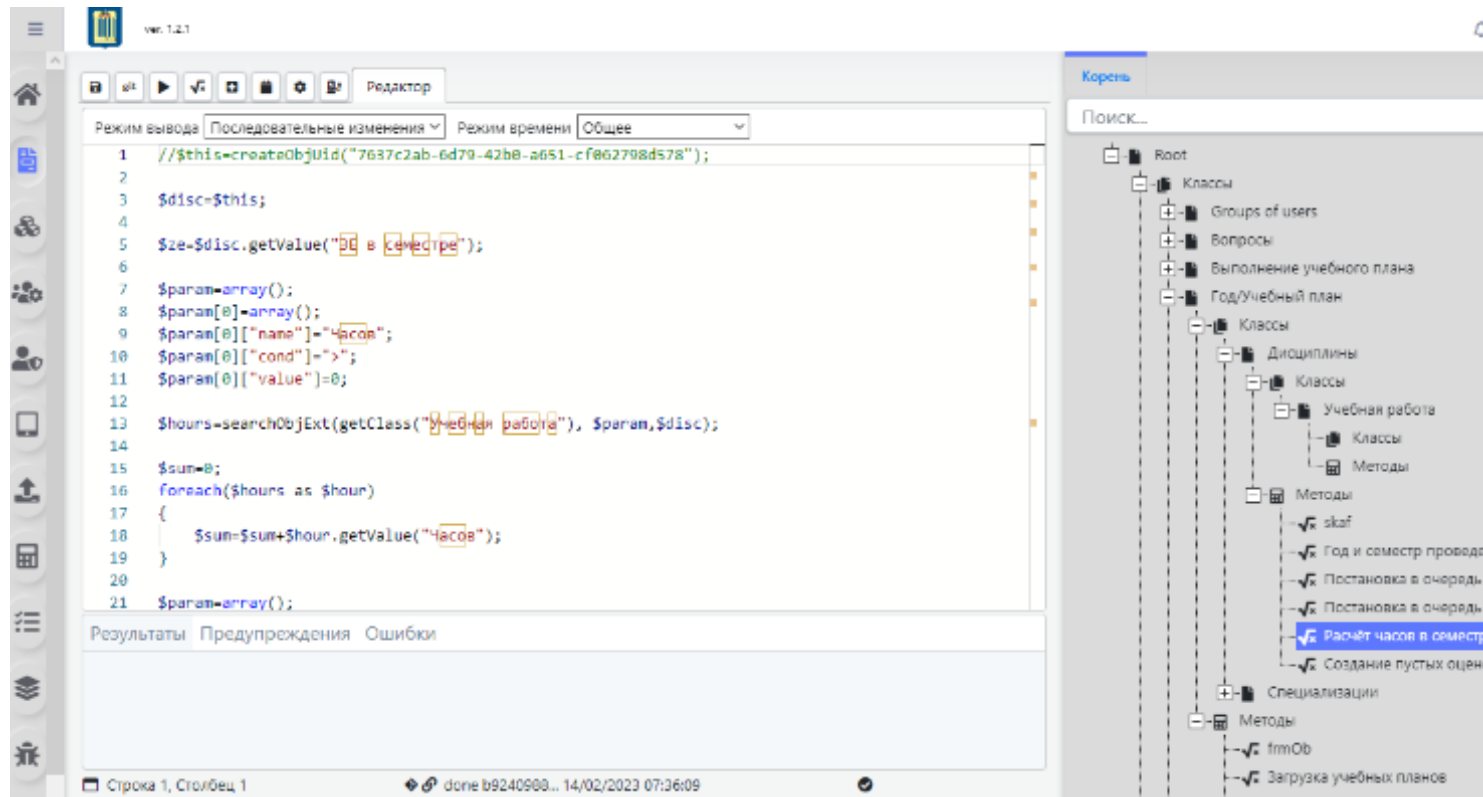
Онтологический инжиниринг интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов следует разделить на:

- организацию структуры данных и знаний в онтологическую структуру системы (классы);
- онтологическую структуризацию данных системы на основе онтологической структуры (объекты);
- организацию данных пользовательских интерфейсов, пригодных для реализации процессов, на основе как онтологической структуры системы, так и ее данных (представления).



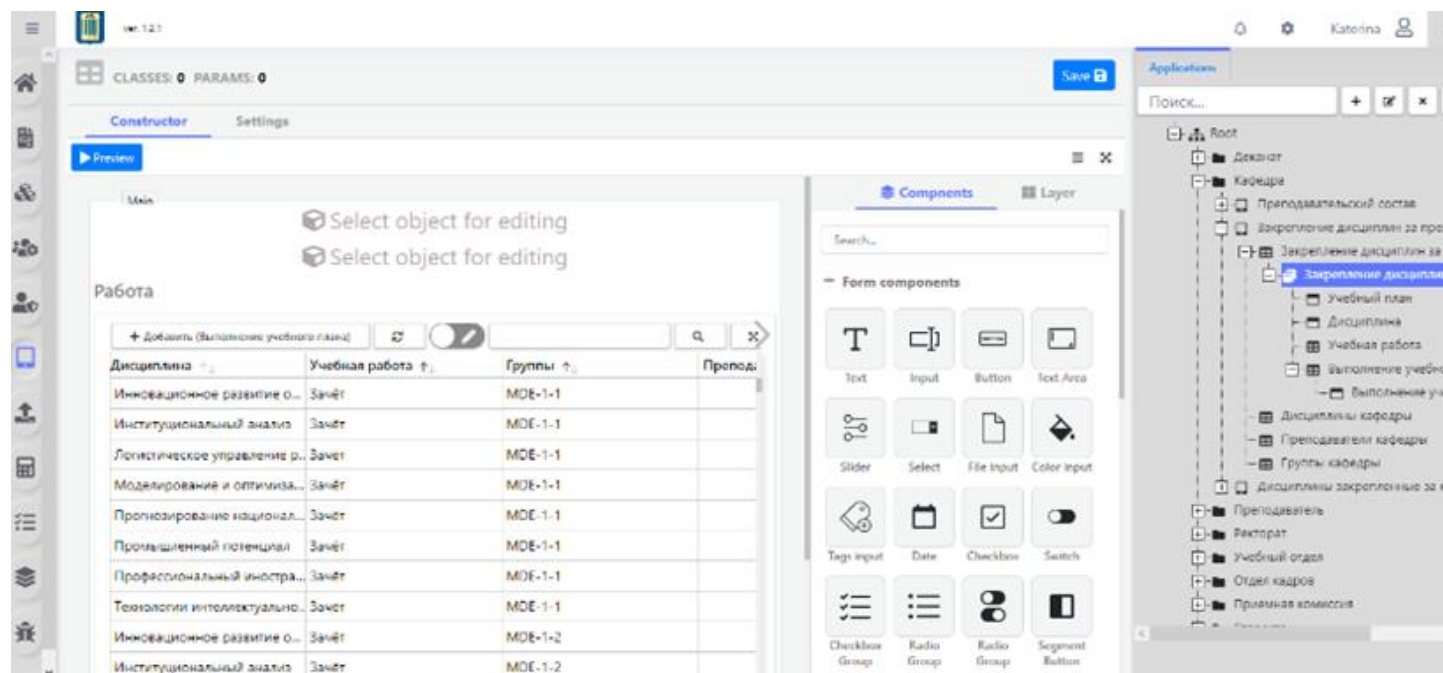
Целью онтологического инжиниринга является повышение уровня интеграции информации для принятия управленческих решений, эффективности информационного поиска и возможности совместной обработки знаний на основе единого семантического описания пространства знаний.

Модуль онтологической структуры



А.Е. Мисником и его группой разработчиков создан язык программирования внутри среды, который интегрируется с онтологией и позволяет использовать как классы онтологии так и её объекты в качестве своих внутренних сущностей, что упрощает процесс разработки методов.

Модуль разработки онтологии процессов



Для реализации интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов используется модуль разработки онтологии процессов, в который интегрированы возможности вызова методов онтологии.

Одни и те же онтологические сущности могут быть организованы разными способами, что обеспечивает гибкость построения и реализации процессов интеллектуального управления адаптивной подготовкой специалистов.

Формирование и корректировка этих процессов возможна без привлечения разработчиков, что приводит к уменьшению семантического разрыва.

Интеллектуальное моделирование и управление адаптивной подготовкой специалистов

