

# ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ

Ивашенко В. П.

Кафедра интеллектуальных информационных технологий,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: ivashenko@bsuir.by

*Представлена технология программных компонентов интеллектуальных систем на основе интеграционной платформы, использующей унифицированное семантическое представление знаний и имеющей архитектуру системы, управляемой знаниями. Сформулированы требования интеграции моделей обработки знаний, соответствующих программным компонентам, выявлена общая типология программных компонентов, перечислены составляющие технологии, включая и поддерживающие программные компоненты, приведены свойства задач, решаемых на технологических этапах.*

## ВВЕДЕНИЕ

Интеграция в интеллектуальных системах (ИС) может быть рассмотрена в трёх аспектах: фронтальном – интеграция путём генерации новых ассоциаций между понятиями базы знаний, увеличивающих их плотность и обеспечивающих более полное представление («глубокое» «понимание») предмета предметной области; горизонтальном – путём добавления новых элементов (понятий) и моделей в базу знаний (БЗ), обеспечивающих более широкое представление, переход к предметным областям, расширяющим исходную предметную область; вертикальном – устранение «семантических разрывов» между разными уровнями представления и управления в ИС, обеспечивающее её способности к автономной работе и адаптации путём наблюдения, интроспекции и самообучения. Одним из существенных качеств интеграции является непрерывность процесса интеграции [1]. Технология разработки компонентов ИС, развивающая идеи непрерывной интеграции [1], предполагает приобретение новых знаний в процессе взаимодействия с внешней средой. Важно отметить, что интеллектуальные качества, исторически известные человеку, являются результатом существования их носителей в социуме. Таким образом, одной из сред приобретения знаний является социальная среда или коллектив интеллектуальных агентов. Как частный вид таких сред можно рассматривать интеллектуальные человеко-машинные системы, в которых люди и искусственные интеллектуальные агенты обмениваются сообщениями.

При взаимодействии агентов осуществляется решение задач исполнения и познания. Для того, чтобы обеспечить моделирование решения всех видов решений задач на основе метаоперации композиции, достаточно задать базис, который может состоять из задач поиска и деструкции, задач проверки или задач выбора.

Далее рассматриваются основы технологии, ориентированной на разработку компонентов ИС на основе интеграционной платформы (ИП) [2–3].

## I. АРХИТЕКТУРА ИНТЕГРАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ

ИП использует клиент-серверную архитектуру взаимодействия машин обработки образов (МООбр) и онтологий и многоуровневую архитектуру систем, управляемых знаниями [2]. В соответствии с последней выделены уровни управления устройствами (УУУ), данными (УУД) и знаниями (УУЗ) [2]. На УУУ специфицируется процессор и память с линейным неограниченным адресным пространством для МООбр и активная графовая структурно-перестраиваемая память для машины обработки онтологий, которые обеспечивают базовую операционную семантику.

На УУД используются модель обработки строк и модель обобщённых формальных языков, формируемых в соответствии с переходом от операции замыкания Клини к операции с расширенной областью значений. Путём сведения семантики языков к теоретико-множественной, которая в свою очередь сведена к семантике ситуативных (растяжимых) множеств (с-множеств), и рассмотрения языков модели унифицированного семантического представления знаний (МУСПЗ), как аналогов симметрических ассоциативных графовых языков, обеспечивается интеграция представления данных за счёт равномогности, следующей из попарного взаимного погружения множеств языков модели, формальных языков и языков МУСПЗ [2].

На УУЗ используются модель спецификации знаний, МУСПЗ и модели обработки знаний (МОЗ) на основе МУСПЗ. В рамках МОЗ рассматривается операционная семантика, которая согласуется с денотационной семантикой МУСПЗ и сводится к понятиям актуального, неактуального и становления. Решение задач на УУЗ основано на их декомпозиции в соответ-

ствии с общей классификации задач (ОКЗ) [2] и интеграции моделей обработки знаний, имеющих унифицированное семантическое представление. Необходимыми требованиями интеграции моделей обработки знаний являются:

$$\begin{aligned} \forall \rho \exists i (\rho) (\rho = i \circ \pi \circ i (\rho) \circ \pi^{-1} \circ i^{-1}) \\ \forall \rho \exists i (\rho) (\pi^{-1} \circ i^{-1} \circ \rho \subseteq i (\rho) \circ \pi^{-1} \circ i^{-1}) \\ \forall \rho \exists i (\rho) (i (\rho) \subseteq \pi^{-1} \circ i^{-1} \circ \rho \circ i \circ \pi) \\ \forall \rho \exists i (\rho) (\rho \circ i \circ \pi \subseteq i \circ \pi \circ i (\rho)), \end{aligned}$$

где  $\rho$  – операция,  $i$  – биективное отношение интеграции,  $\pi$  – отображение текстового фрагмента в содержащий его текст (отношение включения (интеграции) фрагментов БЗ).

## II. ПРОГРАММНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Среди основных программных компонентов (БЗ) [3] в рамках технологии и ИП можно выделить: простые компоненты (индивидуальные); сложные компоненты (коллективные), интегрирующие другие компоненты. По признаку взаимодействия с МООбр выделяются: репрезентативные компоненты (РК), не отображающие своё состояние в МООбр; коммуникативные компоненты (КК), отображающие в МООбр своё состояние. В соответствии с ОКЗ и делением на задачи познания и исполнения выделяются: рецептивные компоненты (когнитивные компоненты); перформативные компоненты. Частным случаем рецептивных компонентов являются сенсорные компоненты, на состояние которых отображается состояние МООбр. К интерфейсно-диалоговым компонентам относятся сенсорные компоненты, которые являются коммуникативными.

В соответствии с ОКЗ и признаком обратимости выделяются: обратимостные компоненты; необратимостные компоненты (НК).

В соответствии же с признаками возвратности и безвозвратности выделяются: многократные компоненты (МК); полумногократные компоненты (ПМК); однократные компоненты (ОК). К постоянным компонентам относятся все МК и некоторые ПМК, к временным компонентам относятся некоторые ПМК и ОК. Циклическими компонентами являются перформативные обратимостные компоненты. Частным случаем циклических компонентов являются компоненты бытия. К демонстрационным компонентам относятся перформативные обратимостные КК. К поисковым компонентам относятся обратимостные РК, частным случаем поисковых КК являются навигационные компоненты.

## III. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Основные технологические этапы разработки: (1) прототипных интерфейсно-диалоговых компонентов; (2) РК бытия; (3) демонстрационных компонентов; (4) обратимостных РК; (5)

навигационных компонентов; (6) необратимостных РК; (7) сенсорных и (необратимостных) КК. Особенностью технологии является чередование этапов разработки КК и РК. Структура смены этапов в общем случае нелинейная, допускается «возвращение» на предыдущие этапы. С целью недопущения утраты знаний и способности решать задачи технология в частности ориентирована на удовлетворение двух основных принципов: сувозвратности и панеобратимости. Сувозвратность сводится к возвратности частных компонентов – частей БЗ, но – при обратимости всей БЗ в целом. Панеобратимость сводится к погружению и интеграции НК, обладающих необратимым поведением, в обратимую БЗ. В основном технология направлена на сохранение свойства обратимости БЗ, которое, в свою очередь, является основой обеспечения принципа сувозвратности. Однако, технология не исключает вариантов нарушения свойства обратимости БЗ, например – в случае возвращения к начальному или более раннему состоянию БЗ, процесс же разработки для иных условий нарушения обратимости требует дополнительных исследований. Нарушение обратимости только для описанных вариантов и сохранение обратимости – в остальных будем называть «паобратимостью». Таким образом, задача разработки программных компонентов в рамках технологии может быть классифицирована как задача выбора.

В рамках технологии обеспечивается техническая поддержка этапов программными компонентами: семантического протоколирования [2], синтеза гипотез и планов по протоколу, интерактивных средств разработки БЗ [3], навигации, программирования и т.п.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена апробация компонентов ИП в соответствии с основными технологическими этапами при разработке компонентов справочно-проверяющих систем [2] и компонентов навигации по БЗ.

1. Duvall, Paul M. Continuous Integration. Improving Software Quality and Reducing Risk / Paul M. Duvall, S. M. Matyas, A. Glover. – Addison-Wesley, 2007. – 336 p.
2. Ivashenko, V. Application of an integration platform for ontological model-based problem solving using an unified semantic knowledge representation / V. Ivashenko // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2021) : сборник научных трудов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол. : В. В. Голенков [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 5. – С. 179–186.
3. Иващенко, В. П. Инструментальные средства разработки баз знаний / В. П. Иващенко // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы VI Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 22–23 нояб. 2007 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2007. – С. 182–185.