

Ю.С. Яковлев, Л.И. Курзанцева

Концепция и основные положения методики построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса с использованием онтологии для знание-ориентированных систем

Предложены концепция, принципы и основные положения методики построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса для знание-ориентированных систем со средствами адаптации системы к изменяемым параметрам пользователя.

The concept, principles and substantive provisions the construction method of the intelligent man-machine interface for knowledge-oriented systems with the means to adapt the system for the changing parameters of the user are proposed.

Запропоновано концепцію, принципи та основні положення методики побудови інтелектуального людино-машинного інтерфейсу для знання-орієнтованих систем із засобами адаптації системи до змінних параметрів користувача.

Введение. Перспективное направление информатизации общества – развитие знание-ориентированных систем (ЗОС). Особенность таких систем – получение и систематизация новых знаний, что обеспечивается наличием в составе системы онтологии предметной области (ПдО) и средств поддержки работы с ней.

В ЗОС онтология предоставляет пользователю возможность системного изучения ПдО, обеспечивая формирование целостного взгляда на предметную область, единообразия представления материала, возможность восстановления недостающих логических связей и решение проблемы несовместимости и противоречивости понятий [1].

Преимущество ЗОС раскрывается при использовании их в профессиональном, в том числе в электронном образовании, науке, управлении, медицине, военном деле, энергетике, т.е. там, где имеется потребность в постоянно обновляющейся информации.

Эффективность применения таких систем напрямую зависит от возможностей пользовательского интерфейса, обеспечивающего пользователя интеллектуальной поддержкой при взаимодействии с системой. В настоящее время ЗОС находятся на стадии развития, поэтому концептуально-методологический аспект создания систем недостаточно представлен в отечественных и зарубежных источниках. То же

касается и интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС, что обуславливает разработку предложений по развитию концептуально-методологического аспекта создания интерфейса. Для этого необходимо провести анализ решений существующих адаптивных человеко-машинных интерфейсов для информационных систем.

Сущность подходов к проектированию пользовательских интерфейсов с применением онтологии

Важнейшим направлением при проектировании пользовательских интерфейсов есть онтологический подход.

В общем случае, онтология – это система связанных между собой понятий предметной области, представляющая формальное описание этой области, независимо от ее природы. Благодаря таким свойствам, как наличие иерархии понятий (объектов) в ПдО, возможность описания существенных свойств каждого объекта, связей между ними и т.д., происходит гибкая перестройка структуры онтологии [2]. Такая структура упрощает компьютерную обработку и преимущества онтологии как способа представления информации [3].

Анализ публикаций [4–12], проведенный в рамках исследования существующих методов автоматизации построения и настройки пользовательского интерфейса, показал высокую

эффективность использования онтологии как при разработке пользовательского интерфейса, так и в его составе, что значительно расширяет его функциональность, предоставляя пользователю новые возможности. Применение данного подхода при создании интерфейса позволяет учесть многообразие аспектов проектирования: принципы эргономики, различные стандарты, требования пользователей, характеристики среды использования интерфейса и др. При этом также обеспечивается поддержка автоматизации проектирования интерфейса, что в свою очередь упрощает создание интерфейса и сокращает время на его разработку [7]. Такие возможности онтологии говорят об эффективности применения онтологического подхода и при создании интерфейса ЗОС.

Однако рассмотренные пользовательские интерфейсы информационных систем, в том числе созданные с применением онтологического подхода, не полностью удовлетворяют потребностям пользователей ЗОС, поскольку при их разработке не учитываются особенности систем такого класса, к которым относятся:

- ориентация при создании ЗОС на технологию реконфигурируемого процессинга, которая обеспечивает адаптивность системы к пользователю благодаря наличию в ней архитектурно-технологических возможностей настройки на основе обучения и опыта пользователя [13];

- средства поддержки ЗОС позволяют проводить как автоматизированное построение онтологии предметной области, так и автоматизированное наполнение ее информацией, получаемой через *Internet* и из других источников с целью эффективного использования этой информации для представления, преобразования, поиска и получения новых знаний.

Кроме того, ни в одной из публикаций не рассматривается конкретная привязка онтологии к информационным системам путем использования процедур работы интерфейса.

Постановка задачи

Все это говорит о том, что интеллектуальный человеко-машинный интерфейс для ЗОС должен быть качественно иным, отличаться по-

вышенной гибкостью при взаимодействии пользователя и системы, а весь набор функций, выполняющий интерфейс, должен быть значительно расширен и преобразован, что объясняется назначением и возможностями ЗОС. Так, в интерфейс ЗОС для обеспечения пользователей интеллектуальной поддержкой работы с системой должен быть включен широкий набор функций адаптации и помощи, реализованный средствами с использованием современных информационных технологий.

Кроме этого, интерфейс должен быть ориентирован на работу с редактором базы знаний со стандартными инструментами разработки онтологий и средствами предоставления доступа к знаниям, в том числе обладать запросным поиском, навигацией, частными представлениями знаний, порталами.

Все описанное свидетельствует о необходимости создания концепции построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС, который, помимо перечисленных качеств, обладал бы также небольшими затратами времени и стоимости на его разработку и сопровождение.

Концепция и принципы построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса для знание-ориентированных систем

Предлагаемая концепция заключается в динамической перестройке архитектурно-структурной организации интерфейса в процессе работы пользователя с ЗОС для обеспечения интеллектуальной поддержки пользователей.

Концепция отличается универсальностью, приводит к увеличению гибкости взаимодействия и расширению функциональных возможностей системы путем предоставления пользователю широкого набора функций адаптации и помощи, что способствует повышению эффективности ее использования.

В основу концепции построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС положены *четыре* принципа:

- использование процедур работы интерфейса, связанных между собой онтологическими средствами ПдО взаимодействия пользователя с системой;

- принцип динамической перестройки модели пользователя;
- гибкое управление взаимодействием пользователя с ЭВМ путем онтологически связанных процедур и особенностей архитектурно-структурной организации интерфейса;
- широкое использование современных информационных технологий, в том числе агентной технологии.

Первый принцип предполагает наличие в составе интерфейса онтологии процедур его работы. Общеизвестно, что элементарные действия над информацией осуществляются операциями, а процедура – более укрупненный элемент технологического процесса и представляет собой объединение операций, используемое для удобства проектирования и управления [14]. Такое утверждение не противоречит общему пониманию процедуры, согласно которой процедура представляет собой подпрограмму [15]. Именно поэтому применение процедур для описания работы интерфейса дает возможность реализации его функций с учетом как собственной архитектурно-структурной организации, так и требований со стороны системы и пользователя, а применение онтологического подхода позволяет в полной мере учесть все взаимосвязи между процедурами интерфейса.

В результате использования онтологии процедур можно создавать различные варианты пользовательских интерфейсов для систем широкого назначения с различными операционными системами, а также обеспечить расширение возможностей системы за счет изменения параметров ПдО, в рамках которой решается задача пользователя и усовершенствования интерфейса, осуществляемое за счет модификации, добавления и удаления компонент, реализующих его функциональные возможности.

Второй принцип обуславливается назначением и задачами ЗОС, эффективность использования которой возрастает при обеспечении пользователя комфортными условиями при взаимодействии с системой. При этом ЗОС предусматривает решение разнообразных задач, для реализации которых необходим переход от

одного вида адаптации к другому. Такой переход предполагает в составе интерфейса наличия набора методов и средств адаптации возможностей системы к изменяемым особенностям пользователя, позволяющих кардинально изменить внутренние структуры модели пользователя, что в обычных интерфейсах не предусмотрено. Такая возможность, в частности, позволит в процессе работы с системой изменять параметры ПдО, в рамках которой решается задача пользователя, динамически вести *профиль* или *модель* пользователя в течение всей работы с системой, управлять процессами интеллектуальной, психологической и физиологической нагрузки и разгрузки и др.

Третий принцип предполагает наличие в интерфейсе ЗОС структур и механизмов, которые путем использования базы знаний и онтологии процедур работы интерфейса настраивают и перенастраивают функции интерфейса под разные категории пользователей с учетом их изменяющихся характеристик и типов решаемых задач в процессе работы, тем самым обеспечивая расширение возможностей интерфейса.

Четвертый принцип предполагает применение многоагентной технологии при реализации такого интерфейса. Программный агент, обладающий знаниями об окружающем мире, однажды созданный, может применяться в ИС различных ПдО, а также принимать решение без участия пользователя. Агенты имеют возможность считывать из онтологии предметные знания и тем самым настраиваться динамически на решение определенных задач.

Основные положения методики построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС

На основе перечисленных принципов построения интерфейса в рамках предлагаемой концепции разработаны основные положения методики построения интерфейса для ЗОС, которые заключаются в следующем.

1. Создание базы знаний «Архитектурно-структурной организации интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС» с целью получения декларативного описания

функционирования модели интерфейса для нее в соответствии с определенными требованиями. При этом обязателен учет следующих факторов:

- категории пользователей;
- архитектурно-структурная организация и функции ЗОС;
- методы адаптации информационной системы к пользователю;
- процесс взаимодействия пользователя и системы;
- функции пользовательского интерфейса;
- архитектурно-структурная организация компонентов интерфейса;
- технологии реализации онтологий;
- требования, предъявляемые к внешней среде (температура помещения, влажность, электромагнитное излучение, природные катаклизмы и т.д.);
- международные и отечественные стандарты на информационные системы, модели пользователя, а также на пользовательские интерфейсы и т.д.

2. Создание онтологии «Процедуры взаимодействия пользователя с ЗОС» (Пр_ЗОС), содержащей информацию о каждой процедуре взаимодействия пользователя с системой.

Для этого осуществляется анализ предметной области Пр_ЗОС и смежных с ней ПДО для определения процедур функционирования интерфейса. В процессе анализа определяются процедуры и выявляются факторы, оказывающие непосредственное влияние на алгоритм функционирования процедуры (например, методы формирования модели пользователя, учета действий пользователя, работа с онтологиями, действующие стандарты и т.д.), условия ее функционирования (назначение, состав, функции и среда работы ЗОС). При этом устанавливаются отношения этой процедуры с соответствующими положениями, определяющими особенности ее применения в интерфейсе и разработанными для базы знаний «Архитектурно-структурной организации интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС».

3. Формирование запроса к базе знаний «Архитектурно-структурной организации интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС» на основании исходных требований для получения декларированного описания архитектурно-структурной организации создаваемого интерфейса конкретной ЗОС. Базовый набор исходных требований включает следующие данные:

- цели системы (функциональные возможности);
- назначение системы (предметная область);
- пользователи системы (знания ПДО, психофизиологические особенности, информационная компетентность, требования к удобной для пользователя работе с системой и др.);
- возможности адаптации;
- условия использования системы (температура, влажность, электромагнитное излучение, помехоустойчивость и др.);
- аппаратно-программный состав системы;
- возможности расширения системы;
- стоимость пользовательского интерфейса.

4. Создание структурной схемы интеллектуального человеко-машинного интерфейса на основании полученного описания его архитектурно-структурной организации. Также определяются критерии для отбора требуемых процедур функционирования интерфейса из универсальной модели онтологии Пр_ЗОС. Каждый критерий представляет собой набор условий и ограничений на использование процедуры. На основании критериев формируются правила вывода для базы знаний «Процедуры интеллектуального интерфейса для ЗОС» (Пр_Инт).

Если полученный результат по каким-то критериям не удовлетворяет разработчиков, происходит корректировка требований для получения нужного результата.

5. Формирование онтологии Пр_Инт осуществляется из универсальной модели онтологии Пр_ЗОС по определенным критериям отбора для соответствующих процедур. Сформированная онтология входит в состав данного интерфейса и представляет собой набор процедур функционирования интерфейса, предполагаемых для решения системой задач пользователя.

Укрупненная структурная схема интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС

Приведенные основные положения определили укрупненную структурную схему интерфейса ЗОС (рис. 1).

Все средства поддержки функций интерфейса ЗОС, реализуемые процедурами интерфейса, скомпонованы в четыре блока по назначению. Кратко опишем назначение блоков.

Блок «Средства поддержки обращений к интерфейсу» (А) занимается обслуживанием обращений к интерфейсу. В частности, в его функции входит поддержка анализа информации, поступающей на вход интерфейса, и выдача сообщений пользователю.

Блок «Средства поддержки контроля и управление функциями интеллектуального человеко-машинного интерфейса» (В) отвечает за организацию работы интерфейса. К его функциям относятся поддержка: управления работой интерфейса, работа с его базой знаний и онтологией процедур, формирования сценария работы интерфейса и формирования подпрограмм сценария.

Блок «Средства поддержки комфортной работы с пользователем» (С) отвечает за организацию комфортного взаимодействия с пользователем. В его функции входят: оказание поддержки пользователю при входе в систему и завершение работ с системой; создание модели

пользователя и ее модификация; предоставление необходимых ресурсов системы пользователю и оказание помощи в соответствии с моделью пользователя; наблюдение за действиями пользователя и корректировка неверных действий и др.

Блок «Средства поддержки функций системы» (D) обеспечивает взаимодействие пользователя с системой в соответствии с назначением системы (предметная область), а также поддерживает работу с онтологией ПдО в составе системы и с *Internet*. Работа с онтологией – значит: создание, редактирование, отображение, интеграция онтологий, таксономий и отношений и др. При этом к функциям, поддерживаемых блоком, относятся также работа с тезаурусом и с библиотеками онтологий.

База знаний «Применение процедур интерфейса» содержит набор положений, критериев, данных, предназначенных для построения правил вывода процедур работы интерфейса.

Онтология Пр_Инт описывает реализацию функций интеллектуального человеко-машинного интерфейса ЗОС с помощью процедур интерфейса с учетом совокупности процессов и взаимосвязей, происходящих при взаимодействии пользователя с системой в процессе ее функционирования.

Данная онтология получена в соответствии с заданными критериями для отбора требуемых процедур функционирования интерфейса

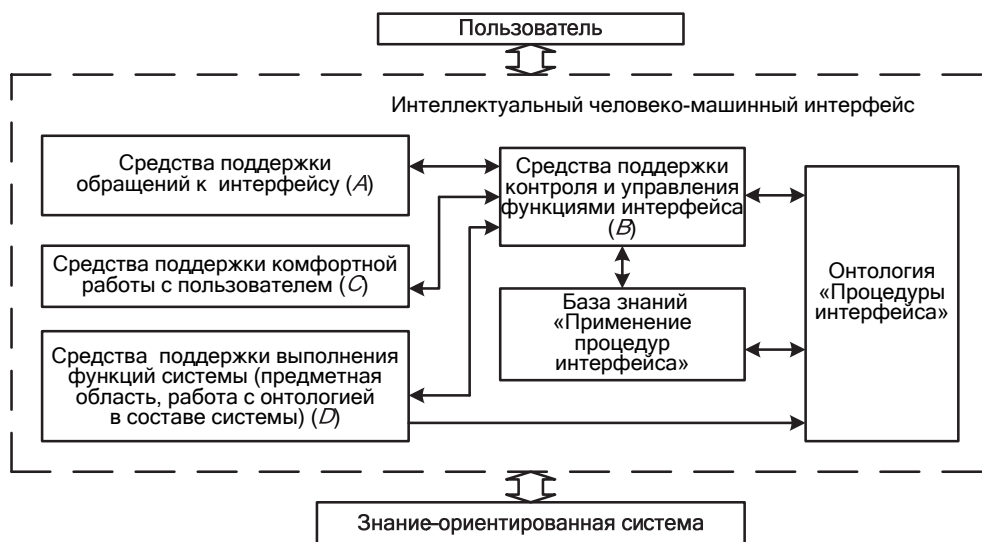


Рис. 1

из универсальной модели онтологии Пр_ЗОС. Классы понятий верхнего (нулевого) уровня онтологии определяются в соответствии с набором заданных функций интерфейса и отражают его структурную схему. При формировании понятий уровней учтена совокупность процедур, реализующих данные функции, для дальнейшего удобства назовем их макропроцедурами.

На рис. 2 приведен примерный состав макропроцедур интеллектуального человеко-машинного интерфейса ЗОС для рис. 1, а на рис. 3 представлен фрагмент онтологии Пр_Инт.

На фрагменте представлены макропроцедуры (рис. 2) в логической взаимосвязи, выделенные в классы понятий нулевого и первого уровней, объединенные между собой отношениями. Во избежание трудностей с прочтением рисунка из-за показа всех отношений между классами понятий, на рисунке приводится только их часть, при этом отдельные отношения между классами понятий нулевого и первого уровней даны в таблице. Причем каждая из макропроцедур имеет выход на последующие уровни онтологии.

Фрагмент онтологии (рис. 3) представлен в соответствии с рекомендациями [14], согласно которым имеет одну корневую вершину, расположенную на первом уровне иерархии (уровень домена), денотатом которой есть ПдО. Нулевой уровень в структуре выполняется, если понятия домена ПдО (онтология верхнего уровня) связаны между собой отношениями. Символ «&», вписанный в кружок, обозначает функцию «И» при переходе от общей линии в точке разъединения одновременно к одному или нескольким классам понятий [16].

В данном интерфейсе предусмотрена реализация двух вариантов развития сценария его работы.

- Функционирование интерфейса происходит в рамках сценария, сформированного в начале работы и определенного исходными условиями (назначение системы, группы пользователей, вид, тип адаптации, возможности интерфейса). Причем для каждой группы пользователей определяется свой набор функций интерфейса, который может меняться в процессе работы. Такая возможность заложена в сценарий работы интерфейса и не приводит к изме-

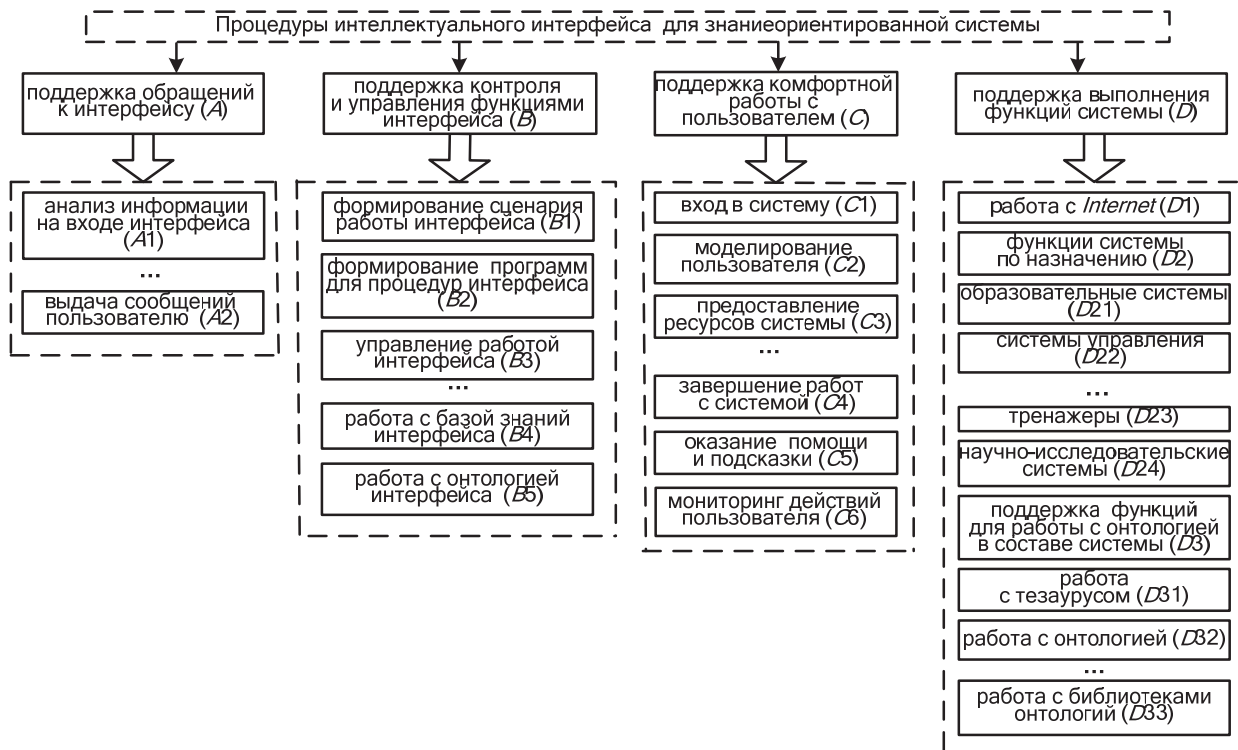
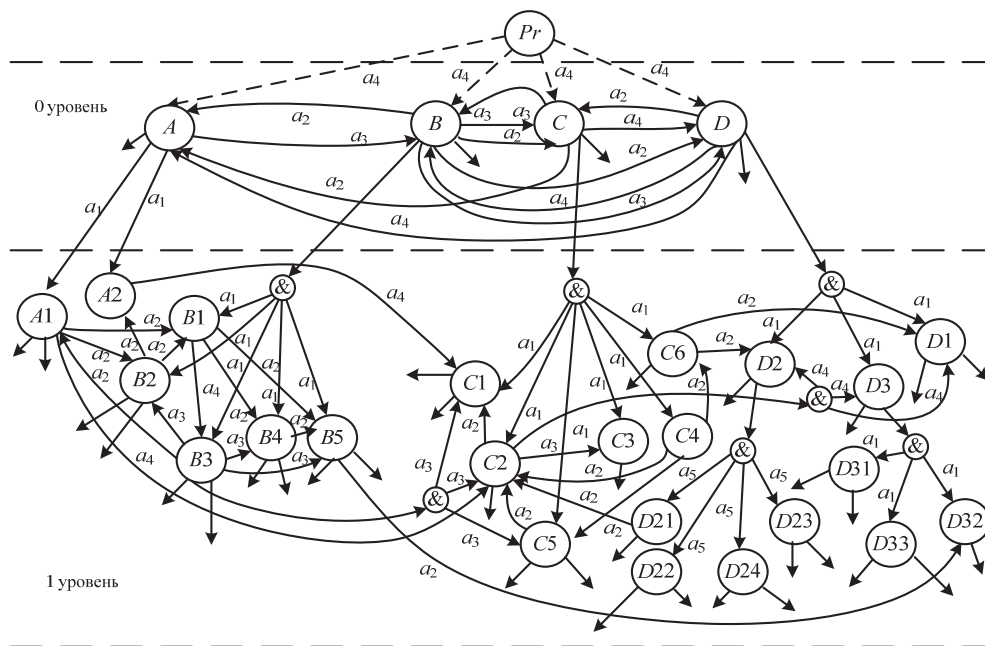


Рис. 2

Т а б л и ц а. Представление категорий понятий нулевого и первого уровней их отношений для онтологии предметной области согласно рис. 3

Класс 1 (сущность и обозначение)	Отношение	Класс 2 (обозначение)
Поддержка контроля и управления функциями интерфейса (B)	a_4	D
Анализ информации, поступающей на вход интерфейса (A1)	a_4	C2
	a_3	B1, B2, B4, B5, C1, C2, C3, C4, C5, C6, D1, D2, D3
Управление работой интерфейса (B3)	a_3	C4, C5, C6, D1, D2, D3
	a_2	A2
Выдача сообщений пользователю (A2)	a_4	C2, C3, C4, C5, D1, D2, D3
...
Моделирование пользователя (C2)	a_4	A2, C5
	a_2	A2, C6
	a_3	C4, C5, D1, D2, D3
Предоставление ресурсов системы (C3)	a_2	A2, C2, C5
	a_4	B2
Мониторинг действий пользователя (C6)	a_2	C2
	a_4	B2, D3
...
Функции системы по назначению (D2)	a_2	A1, A2, C2, C3, C4, C5, C6
Поддержка функций для работы с онтологией в составе системы (D3)	a_2	A2, C2, C5, C6
	a_1	D31, D32, D33
Поддержка функций образовательной системы (D21)	a_2	A2, C2, C3, C5
	a_3	C2, C3, C4



Обозначения: Pr – процедуры; a_1 := [содержат, включают]; a_2 := [используют]; a_3 := [определяют]; a_4 := [представлены]; a_5 := [различаются, отличаются].

Рис. 3

нениям его архитектурно-структурной организации.

• Изменение функциональных возможностей системы, интерфейса, требований пользователей и т.д. приводит к необходимости изменения архитектурно-структурной организации интерфейса (в том числе модели пользова-

теля), что требует формирования нового сценария его работы.

Заключение. Анализ различных подходов к построению человеко-машинного интерфейса с использованием онтологии показал, что применение онтологии может обеспечивать гибкость подстройки архитектуры и структуры

интерфейса при его проектировании, сокращая при этом сроки и стоимость разработки. Однако интеллектуальный человеко-машинный интерфейс для ЗОС должен обладать качественно новыми признаками в сравнении с другими категориями интерфейсов, а весь набор реализуемых им функций должен быть значительно расширен, что объясняется назначением и возможностями ЗОС, требующей интеллектуальную поддержку работы пользователя с системой. Кроме этого, применение в составе интерфейса базы знаний со стандартными инструментами разработки онтологий и средствами предоставления доступа к знаниям обеспечивает запросный поиск, навигацию и др.

Предложенные авторами концепция, принципы и основные положения методики построения интеллектуального человеко-машинного интерфейса для ЗОС предполагает в составе интерфейса набор методов и средств адаптации возможностей системы к изменяемым параметрам пользователя, который в том числе позволяет динамически изменять как структуру, так и состав модели пользователя в течение всей его работы с системой.

Предложенная концепция отличается универсальностью, способствует увеличению гибкости взаимодействия и расширению функциональных возможностей системы. Результат реализации данной концепции – появление нового типа пользовательского интерфейса с возможностью изменения своей архитектурно-структурной организации в процессе функционирования, что открывает перед пользовательскими интерфейсами ЗОС широкие перспективы применения.

1. Гаврилова Т.А. Использование онтологий в системах управления знаниями. – http://kntec.ru/publications/library/authors/use_ontology_in_suz.shtml
2. Безрукова Е.А. Применение онтологического подхода при разработке платформы МОПС. – <http://www.mopsproject.org/file/page/site/platform/article/Application%20of%20ontology-based%20approach%20for%20the%20platform%20MOPS%20development.pdf>
3. Палагин А.В., Яковлев Ю.С. Построение онтологии предметной области «Интеллектуальные инфор-

мационные системы» // УСИМ. – 2005. – № 6. – С. 18–27.

4. Грибова В. Методы автоматизированного проектирования и сопровождения пользовательских интерфейсов. – http://oibg.com/ibs_isc/ibs-04/IBS-04-p19.pdf
5. Грибова В.В., Тарасов А.В. Модель онтологии предметной области «Графический пользовательский интерфейс». – <http://ics.khstu.ru/journal/articles/566/>
6. Грибова В.В. Расширяемый инструментарий для разработки пользовательского интерфейса, основанный на методах искусственного интеллекта. – www.raai.org/resurs/papers/kii-2006/doklad/ Gribova.doc
7. Грибова В.В., Кисленок Р.С. Управление автоматизацией проектирования пользовательских интерфейсов на основе знаний. – www.raai.org/conference/cai-08/files/cai-08_paper_150.doc
8. Соболева Н.В. Подходы к проектированию когнитивного интерфейса к базам данных. – [www.digitalmag.tti.sfedu.ru/lib/8/3-2012-6\(8\).pdf](http://www.digitalmag.tti.sfedu.ru/lib/8/3-2012-6(8).pdf)
9. Ломов П.А., Путилов В.А., Маслобоев А.В. Поддержка интеллектуальности пользовательского интерфейса системы распределенного семантического поиска: проблемы и решения. – http://vestnik.mstu.edu.ru/v13_3_n40/articles/09_maslo.pdf
10. Формальные языки и методы спецификации, анализа и синтеза информационных систем. Годовой отчет по Гранту РАН 2/12. – www.iis.nsk.su/files/2010_grant.doc
11. Разработка портала знаний по компьютерной лингвистике / Ю.А. Загоруйко, О.И. Боровикова, Г.Б. Загоруйко и др. – www.raai.org/conference/cai-08/files/cai-08_exhibition_24.doc
12. Попова М. Модель онтологического интерфейса агрегации информационных ресурсов и средств ГИС. – www.foibg.com/ijitk/ijitk-vol07/ijitk07-04-p06.pdf
13. Палагин А.В., Кривой С.Л., Петренко Н.Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний: монография. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2012 – 323 с.
14. Информационные технологии и процедуры обработки экономической информации. – http://www.life-prog.ru/1_4788_informatsionnie-tehnologii-i-protse-duri-obrabotki-ekonomicheskoy-informatsii.html
15. Глушков В.М., Амосов Н.Ф., Артеменко И.А. Энциклопедия кибернетики. – Киев: Главная редакция Украинской советской энциклопедии, 1974. – Т. 2. – 619 с.
16. Верников Г. Стандарт онтологического исследования IDEF5. – <http://www.cfin.ru/vernikov/idef/idef5.shtml>

Поступила 20.11.2014

Тел. для справок: +38 044 526-3207, 292-3185, 277-8388 (Киев)

E-mail: yakyurlen@ukr.net, lar_ku@mail.ru

© Ю.С. Яковлев, Л.И. Курзанцева, 2015