

УДК 378

**ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ПАРТНЕРСТВЕ
С ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ****Ермолаев В. А., Татаринцева О. С.
Запорожский национальный университет**

Сегодня кооперация с промышленными предприятиями становится для исследовательских групп в университетах все более привлекательным способом обеспечения базовых и прикладных разработок. Кроме того, промышленные партнеры являются важным источником новых научных идей и передовых индустриальных технологий в соответствующих секторах промышленности. Успешное сотрудничество с промышленными организациями позволяет ВУзам не только развивать научные направления, но повышать качество и востребованность индустрией своей продукции: новых технологий и квалифицированного персонала для интеллектуального труда. В статье представлен опыт и основные результаты кооперации научно-исследовательской группы ЗНУ с промышленными партнерами в Европе на примере трех различных проектов.

Ключевые слова: кооперация, промышленность, модель представления знаний, онтология

Введение

В условиях возрастающей конкуренции в конкурсах проектных предложений, проводимых национальными и международными агентствами, кооперация с промышленными предприятиями становится для исследовательских групп в университетах все более привлекательным способом обеспечения базовых и прикладных разработок. Кроме того, промышленные партнеры являются важным источником новых научных идей и передовых индустриальных технологий в соответствующих секторах промышленности. Успешные исследовательские проекты, выполненные для промышленных партнеров и в тесной кооперации с ними, продуцируют результаты, которые готовы для быстрого дальнейшего применения в индустрии.

Научная группа «Интеллектуальные системы» кафедры Информационных технологий Запорожского национального университета имеет достаточный опыт подобной кооперации с индустриальными партнерами в проектах различного типа. Совместные прикладные исследования позволяют не только эффективно развивать базовое научное направление группы, но и привлекать для этой работы студентов и аспирантов кафедры. С другой стороны, участие в кооперации с промышленностью дает возможность учитывать потребности индустриальных партнеров в подготовке специалистов, уточняя программы и содержимое соответствующих учебных дисциплин, используя совместные проекты как полигон для различных видов студенческой практики.

В данной статье представлены различные аспекты нашей научно-исследовательской кооперации с промышленностью. Анализ имеющегося опыта позволяет сделать вывод об эффективности и взаимной выгоде нашей совместной работы.

Индустриальные партнеры и совместные проекты

На протяжении последних пяти лет наша научная группа имеет партнерские отношения с несколькими промышленными компаниями. Наиболее продуктивным является кооперация с организациями, перечисленными в Таблице 1.

Виды кооперации с индустриальными партнерами

Партнер \ Проект	PSI 2004-2010	PRODUKTIV+ 2006-2009	ACTIVE 2008-2011
British Telecom PLC (BT)			K, P
Cadence Design Systems (CDNS)	K, S, P, T	K, P	K, S, V, P
Certicon Corp.	K, S	K	
European Microsoft Innovation Center (EMIC)			K
Intelligent Software Components S.A. (ISOCO)			K, P
Kea Pro			V, P

Легенда: K – разработка формальных представлений и моделей знаний;
 S – разработка программного обеспечения;
 P – совместные публикации;
 T – совместные лектории;
 V – верификация подходов, моделей и технологий.

British Telecom PLC (BT) является ведущим провайдером телекоммуникаций в Великобритании. Эта компания является нашим партнером в проекте ACTIVE¹. Целью проекта является разработка и интеграция технологий для преобразования «скрытого коллективного интеллекта» современных предприятий в интероперабельные, эксплицитные знания, стимулирующие корректные действия работников интеллектуального труда.

Cadence Design Systems GmbH (CDNS) является Европейским отделением Cadence Design Systems Inc – ведущего производителя программного обеспечения систем автоматизации проектирования интегральных схем и микроэлектронных устройств. Наша кооперация с CDNS наиболее интенсивна и имеет наибольший охват различных типов проектов. PSI² является индустриальным проектом по разработке аппарата и программного инструментария для управления производительностью в процессах проектирования электронных устройств. PRODUKTIV+³ – это национальный германский проект, целью которого является разработка методологии измерения продуктивности в процессах проектирования микроэлектроники. В рамках проекта ACTIVE CDNS привлекает нашу научную группу для работы над применением технологий управления интеллектуальными процессами (knowledge processes [6]) в области инженерного проектирования.

Сотрудничество с Чешской компанией Certicon Corp. происходило в рамках проекта PSI, в котором Certicon была ведущим партнером в разработке прототипа программного обеспечения, позднее получившего название Cadence ProjectNavigator [1].

Кооперация с European Microsoft Innovation Center (EMIC), испанской компанией Intelligent Software Components S.A. (ISOCO) и швейцарской компанией Kea Pro имеет место в рамках проекта ACTIVE. Совместно с EMIC и ISOCO выполняется разработка моделей интеллектуальных процессов. В партнерства с Kea Pro выполняется верификация разработанных в проекте технологий и программных компонентов.

Из Таблицы 1 видно, что основным вкладом нашей группы в совместные разработки является онтологическое проектирование – разработка формальных представлений и

¹ ACTIVE: Enabling the Knowledge Powered Enterprise (<http://www.active-project.eu/>) – интеграционный проект 7-й рамочной программы ЕС

² Performance Simulation Initiative (PSI) – исследовательский проект CDNS.

³ Referenzsystem zur Messung der Produktivität beim Entwurf nanoelektronischer Systeme (PRODUKTIV+) – проект, финансировавшийся Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

моделей знаний. Эти модели являются одним из важных компонентов, на которых базируется как разработка технологий, методологий и программных средств, так и их последующее использование в деятельности промышленных предприятий. Основными публикациями результатов кооперации в упомянутых проектах являются [2-6].

В следующем разделе показано, что кооперация с промышленными компаниями полезна не только компаниям, как потребителям результатов совместных исследований, но также и нашей группе, как потребителю чрезвычайно полезной информации о текущих и будущих потребностях промышленности в новых технологиях и методах работы.

Эксплуатация партнерства с промышленностью

Главной и наиболее очевидной выгодой от кооперации с промышленными предприятиями является приобретение дополнительного источника ресурсов для обеспечения исследований и разработок. Мы не будем останавливаться на анализе подобной категории бенефиций – в силу очевидности результата. Гораздо интереснее выглядят косвенные (или сопутствующие) приобретения от такого сотрудничества.

Для анализа всего спектра возможных выгод следует задуматься над тем, что ВУЗ или исследовательский центр традиционно предлагает промышленности в качестве своей продукции: технологии и подготовленный персонал для интеллектуального труда. Следовательно, сотрудничество академии с индустрией будет выгодным для академии тогда, когда эта кооперация позволяет улучшить характеристики предлагаемой продукции. Полученная от промышленных партнеров информация экстраполируется в виде требований отрасли, рынка или социума, и позволяет оптимизировать соответствующие виды деятельности в академии: методологию и направленность научных исследований, а также различные виды учебного процесса в ВУЗе.

Оптимизация научных исследований и разработок

По статистике более 50 процентов участников консорциумов, подающих проектные предложения на различные конкурсы 7-й рамочной программы ЕС – представители промышленности. Такой состав консорциумов диктуется необходимостью возврата капитальных вложений в финансируемые проекты в виде разнообразных благ и повышения уровня жизни граждан европейских стран. Достижение этого возможно только через быструю адаптацию результатов исследований в индустрии и повышение ее конкурентной способности.

Промышленные компании обычно привлекаются в исследовательские проекты в качестве партнеров, которые отвечают за верификацию разработанных технологий и их дальнейшую промышленную эксплуатацию. За счет этого достигается необходимый уровень готовности индустриальных партнеров к принятию новых методов и инструментов в их деятельности. С другой стороны, промышленные партнеры предоставляют требования к разрабатываемым технологиям и результаты их верификации в реальной индустриальной среде. Такая обратная связь позволяет разработчикам адаптировать их исследования и разработки в соответствии с требованиями реального мира. С третьей стороны, индустриальные партнеры могут выступать и в роли разработчика технологий. В этом случае, выгода для академического партнера заключается в получении доступа к современным индустриальным методологиям и инструментальным средствам проектирования и разработки. Эффективно и разделение ролей в такой совместной разработке в соответствии с базовыми компетенциями партнеров. ВУЗы зачастую фокусируются на фундаментальной части исследований, а индустриальные партнеры на имплементации найденных подходов в реальных артефактах – например, прототипах программного обеспечения.

Наша группа имеет опыт получения выгод от сотрудничества в исследованиях по всем трем аспектам.

В проекте PSI самым важным дополнительным эффектом кооперации с промышленными компаниями (CDNS, Serticon) для нас, как инженеров знаний, можно считать получение доступа к экспертам в области инженерного проектирования

микроэлектронных устройств. Нашей основной задачей являлось извлечение неявных, скрытых знаний этих экспертов о предметной области и построение формальных эксплицитных моделей представления этих знаний в виде семейства онтологий (напр. [2-4]). Наши формальные модели в дальнейшем были использованы для спецификации требований к разрабатываемому Serticon программному обеспечению и для создания базы знаний о выполняющихся проектах проектирования электронных устройств. Участие в разработке и доступ к программному обеспечению и базе знаний позволили нам получить дополнительные существенные эффекты кооперации. Так например база знаний была использована в качестве тестового набора нескольких версий онтологий для проведения экспериментов в кандидатской диссертации Кеберле Н. Г. [10]. Базовый программный фреймворк использовался нами для разработки собственного программного инструментария для управления знаниями (напр. [11, 12]). Опыт итерационного рафинирования моделей представления знаний в процессе построения нескольких версий онтологий PSI был обобщен и систематизирован в виде новой методологии онтологического проектирования [4].

В проекте PRODUKTIV+ наш промышленный партнер по проекту PSI (CDNS) преследовал цель построения метрологической надстройки над базовым модходом к моделированию и управлению процессами проектирования в микро- и нано-электронике. Онтологии, разработанные в PSI, были использованы в качестве базовых моделей в более широком контексте и большим количеством промышленных компаний⁴. Интересно отметить, что в результате работы над задачами PRODUKTIV+, базовые модели знаний PSI получили дальнейшее развитие: разработаны тринных версии семейства онтологий PSI; разработаны новые онтологии – например Performance Ontology [3].

В проекте ACTIVE, в качестве субконтрактора индустриального партнера консорциума, мы участвуем в адаптации, верификации и подготовке эксплуатации подходов и технологий извлечения, артикуляции и совместного использования интеллектуальных процессов в области проектирования микроэлектронных устройств. Программный прототип, который разрабатывается и верифицируется в рамках этой работы [7], базируется на парадигме Web 2.0, модели представления знаний о процессах и системах проектирования⁵, разработанной нами в проекте PSI и подходе к визуализации процессов, принятом в CDNS ProjectNavigator. Кооперация в рамках ACTIVE позволила нам:

- получить доступ к технологии, программным расширениям [8] и консультациям разработчика Semantic MediaWiki [9];
- эффективно использовать результаты, полученные ранее, в индустриальном проекте (PSI), для достижения целей ACTIVE;
- продолжить разработку моделей представления знаний о процессах проектирования в микроэлектронике и расширить модели на более общий случай неформальных (интеллектуальных, креативных) процессов;
- верифицировать разработанные модели с использованием промышленных методологий верификации и валидации программного обеспечения.

Таким образом, совместная работа с партнерами в данном интеграционном проекте ЕС позволила нам не только выполнить запланированную для нас работу и получить ожидаемые результаты. Получены также и важные сопутствующие результаты без дополнительного вложения ресурсов. Эти результаты повысили степень нашей компетенции и создали определенный задел для дальнейших исследований.

Оптимизация учебного процесса

Партнерство с промышленными организациями выгодно и с точки зрения улучшения качества подготовки специалистов в ВУЗе. Такая кооперация:

⁴ Индустриальными партнерами в проекте PRODUKTIV+ были AMD Saxony LLC & Co. KG (AMD), Infineon Technologies AG (IFX), Robert Bosch GmbH (RB).

⁵ Он-лайн документация верхнего уровня [4] PSI Suite of Ontologies v.2.3 доступна также в виде Wiki: http://www.kit.znu.edu.ua/mediawiki/index.php?title=PSI_Upper-Level_ontology

- дает представление о требуемых промышленностью знаниях и умениях специалистов, особенно высшей квалификации, создает условия для выполнения совместных PhD и дипломных проектов;
- предоставляет доступ к методологиям и инструментальным средствам обеспечения работ для студентов, участвующих в совместных проектах;
- дает студентам возможность получения практики, знакомства с компанией и уточнения требований к получаемой в ВУЗе квалификации на различных этапах обучения;
- позволяет преподавателю обновлять рабочие программы и содержание дисциплин с учетом новых результатов совместных исследований и развития промышленных технологий;
- создает условия для проведения лекториев с целью ознакомления представителей промышленности с развитием научных направлений и новыми результатами исследований для их адаптации в индустрии.

Для обеспечения исследовательских проектов аспирантов и дипломников наша группа использовала проект PSI. Как уже отмечалось ранее, информация, собранная в базе знаний данного проекта была использована для верификации теоретического подхода и реализации программного обеспечения для анализа изменений в версиях онтологий в PhD проекте Кеберле Н. Г. Базовая платформа программного обеспечения CDNS ProjectNavigator используется аспирантом Давидовским М. В. для разработки его программного прототипа автоматизированной миграции экземпляров онтологий. Онтологические модули и документация PSI Suite of Ontologies v.2.3 используются Татаринцевой О. С. в ее дипломном проекте автоматизации построения онлайн документации онтологии в виде набора Wiki страниц.

Интересным способом учебной работы в сотрудничестве с промышленностью является использование результатов исследований и разработок для проведения лекториев. Лектории могут проводиться как на специальных семинарах для представителей промышленности или партнеров в консорциумах других проектов, так и для более широкой аудитории – например в рамках крупных международных конференций. Наш опыт в проведении лекториев на базе проекта PSI охватывает все эти случаи. В самом начале проекта нами был проведен лекторий для представителей CDNS о передовых результатах в агентских технологиях и проектировании знаний для эффективного управления процессами в промышленности. Затем, результаты начальной фазы проекта были использованы нами для проведения лектория на тему «Имитационное моделирование динамических процессов в проектировании»⁶ в рамках международной конференции по концептуальному моделированию ER 2005 [14]. Результаты разработки семейства онтологий PSI были представлены нами в виде мини-лекториев для консорциумов проектов PRODUKTIV+ и ACTIVE на их рабочих семинарах.

Методологическое и технологическое обеспечение, разработанное во всех упомянутых совместных проектах эффективно используется нами для выполнения лабораторной и практической части учебного плана соответствующих дисциплин. Упор при этом делается на самостоятельную работу студентов по выполнению индивидуальных заданий. Индивидуальные задания, когда возможно, формулируются как мини-проекты для выполнения небольшой части вспомогательной работы в наших проектах с промышленностью. Привлечение студентов к работе в такой форме позволяет, кроме прочего, повысить их мотивацию в освоении новых для них методов и приемов практической работы.

Хорошим примером такого привлечения студентов к совместному проекту является уже упомянутая работа по онлайн документированию онтологий PSI. Результаты этой работы необходимы для выполнения проектов PSI и ACTIVE. Эти же результаты используются нами в качестве примеров при изложении несложных тем специального курса

⁶ Электронную копию материалов лектория можно получить по <http://www.ermolayev.com/psi-public/ER-2005-Tutorial-6-DEDP-PSI.pdf>

«Базы знаний и экспертные системы»⁷. Дипломная работа студентки Татаринцевой ставит целью частичную автоматизацию процесса построения Wiki страниц онлайн документации. Практическим результатом ее работы является программное обеспечение трансформации разделов справочной спецификации семейства онтологий [13]. Для выполнения эксперимента по верификации и валидации правильности работы и эффективности использования разработанного в дипломном проекте программного обеспечения привлекаются студенты, слушающие данную дисциплину в весеннем семестре 2 курса специальности Информатика. Эксперимент заключается в: (i) выполнении ручного кодирования Wiki страниц; (ii) получении тех же страниц при помощи программы; (iii) проверке правильности сгенерированных страниц и их ручной доработке при необходимости; и (iv) сравнении времени выполнения работы ручным и полуавтоматизированным способом. Участие в эксперименте позволяет студентам изучить практические приемы онтологического проектирования в работе над индивидуальным мини-проектом, имеющим значение для промышленности. Результаты эксперимента позволяют дипломнице проверить результаты ее разработки. Полученные студентами элементы документации онтологий являются вкладом нашей группы в результаты проектов PSI и ACTIVE. Важным побочным результатом, имеющим самостоятельную перспективу, является получение прототипа программного инструмента для поддержки одного из этапов технологического процесса разработки онтологий [4], разрабатываемого нашей группой. Более подробно результаты этой совместной работы с привлечением студентов представлены в следующем разделе.

Разработка и верификация подхода к полуавтоматическому созданию онлайн документации онтологий

Как уже отмечалось выше, разработка программного обеспечения для промышленных партнеров в проектах PSI, PRODUKTIV+ и ACTIVE выполнялась на базе интенсивного использования моделей представления знаний о предметной области, формализованных в виде онтологий. Языком представления знаний в этих онтологиях является OWL-DL⁸. Разработчики программного обеспечения представляют различные организации, которые базируются в различных странах Европы. Промышленные компании, которые являются целевыми пользователями, имеют отделения расположенные в различных регионах мира. Следовательно, для эффективного использования моделей представления знаний (онтологий) группой разработчиков или пользователями, необходимо предоставить им полную, регулярно и своевременно обновляемую, удобную в использовании онлайн документацию моделей знаний. Важно также обеспечить обратную связь пользователей онтологий с группой онтологического проектирования для эффективного устранения замеченных недостатков и проведения адресных консультаций. Для решения этого спектра задач взаимодействия с сообществом пользователей использовалась технология Semantic MediaWiki с расширениями для обеспечения навигируемых карт иллюстраций⁹ и модулируемых дискуссий¹⁰. В качестве исходного материала для создания онлайн документации использовались [15, 13] в формате MS Word. Технической задачей являлось преобразование разделов данных документов в соответствующие им Wiki страницы без изменения содержания.

На предварительном этапе работы для выработки подхода к автоматизации процесса трансформации данного структурированного текста с перекрестными ссылками было выполнено ручное преобразование содержимого [15] в набор Wiki страниц. В результате была получена онлайн документация онтологии верхнего уровня семейства онтологий PSI. На данном контенте были опробованы и выбраны упомянутые программные расширения Semantic MediaWiki. Пример страницы определения концепта онтологии приведен на Рис. 1.

⁷ <http://kit.znu.edu.ua/iLec/4sem/OKB/index.htm>

⁸ www.w3.org/TR/owl-guide/

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Image_map

¹⁰ <http://www.mediawiki.org/wiki/Extension:LiquidThreads>, <http://www.livenetlife.com/>

The screenshot shows a Wiki page for 'Process' with the following content:

- Contents [hide]**
 - 1 The Definition of a Process
 - 2 Mappings to Foundational Ontologies
 - 3 PSI-ULO: Process Properties
 - 4 PSI-ULO: Process Relationships
 - 4.1 Subsumption Relationships
 - 4.2 Meronymy Relationships
 - 4.2.1 New in v.2.3
 - 4.3 Associations
 - 4.3.1 Changed in v.2.3
 - 4.3.2 New in v.2.3

- 1 The Definition of a Process**

A **Process** is a specialization of an **Event** which is stateful and possesses pro-active character. A **Process** has its **Environment** – the part of the world which is changed in the course of the **Process**. A **Process** is pro-actively directed by the **Agent** who manages it. Pro-activeness of the **Agent** is understood in the sense that the **Agent** pursues a particular **Goal** in the managed **Process**. This **Goal** is the **State** of the **Environment** which the **Agent** desires to make reached. It should also be mentioned that the change in the **Environment** is not produced by the **Process**, but by the entities who act in this process – those **Agents** who execute **AtomicActions** wrapped by the **Process**. In general, it is considered that changes may only be achieved by **Agents** through execution of **AtomicActions**. For example, it is wrong to say that a multimedia controller layout has been designed by the process of logical design. In fact the appearance of the layout for the multimedia controller in a certain state of the **Environment** (the measurable change in the **Environment**) has been achieved by the team of **Agents** who executed a particular sequence of **AtomicActions**. By that the **Agents** introduced the sequence of changes in the **Environment** and guided the environment through the sequence of **States** towards the **Goal**. **Processes** in an engineering **Environment** can not connect any arbitrary **State** to any other arbitrary **State** because it is senseless with respect to the technology or the methodology. Some sequences of **States** may therefore be withdrawn from the engineering routine and some other sequences of **States** may be suggested or prescribed by an industrial standard or a company **Policy**. These prescriptions in terms of the **PSI Upper-Level ontology** are **ProcessPatterns**.
- 2 Mappings to Foundational Ontologies**
- PSI-ULO: **Process** is mapped to SUMO: **Process** through PSI-ULO: **Event**
- 3 PSI-ULO: Process Properties**
- Not defined
- 4 PSI-ULO: Process Relationships**
- 4.1 Subsumption Relationships**
 - PSI-ULO: **Process** is subclass of PSI-ULO: **Event**
- 4.2 Meronymy Relationships**

Рис. 1. Wiki страница онлайн документации онтологии верхнего уровня PSI – определение концепта Process

В процессе подбора и анализа технологических операций для ручного преобразования раздела структурированного текста с иллюстрацией в виде диаграммы классов UML были сформулированы требования к программному обеспечению конвертации разметки текста в разметку Wiki страницы. Кроме того, был специфицирован технологический процесс конвертации – последовательность операций с использованием различных программных инструментов. Эта последовательность операций повторяется для каждого раздела исходного документа и дает на выходе соответствующую страницу Wiki.

Сначала содержимое раздела исходного документа, описывающего концепт онтологии (или другую структурную единицу), копируется на страницу Wiki, которую разработчик редактирует согласно правилам Wiki-разметки. При таком копировании не сохраняются шрифт и структурная разметка документа. Следовательно, структурная разметка, перекрестные ссылки и шрифтовые выделения (жирный, курсив) восстанавливаются при помощи специальной разметки. При этом, ссылки из раздела описания концепта на этот же концепт пропускаются. На этом работа над текстовой частью страницы завершается. В Таблице 2 приведены виды структурных элементов исходного документа и соответствующая им Wiki разметка.

Преобразование структурных элементов

Структурный элемент	Фрагмент исходного текста	Wiki разметка
Имя определяемого концепта	A Process is...	A '''Process''' is
Ссылка на другой концепт – внутренняя ссылка	... Environment (Section ...)	'''[[Environment]]'''
Подзаголовок раздела 1 уровня	PSI-ULO: Process relationships:	== PSI-ULO: Process Relationships ==
Подзаголовок раздела 2 уровня	<u>Meronymy relationships:</u>	===Meronymy Relationships===
Корректировка: изменение множественности отношения между концептами	PSI-ULO: Process (#0...*)	PSI-ULO: '''Process''' (<s>1</s>0...*)
Ссылка на концепт внешней онтологии	SUMO: Process	SUMO: '''Process''' ([http://www.ontologyportal.org/Suggested Upper Merged Ontology '''SUMO'''])
Комментарий	<u>Comment:</u>	<blockquote> Comment: </blockquote>
Пункт перечисления	– Not defined	* Not defined
Ссылка на структурный элемент текущей страницы	1. Источник_1	# Источник_1

На следующем шаге выполняется импорт файла с изображением диаграммы онтологического контекста данного концепта (Рис. 1). Для создания навилируемой карты поверх схемы используется редактор HTML/ XHTML страниц. Созданная в нем карта изображения переносится в соответствующее место кода Wiki страницы и переписывается синтаксисе расширения Image_Map. Пример кода интерактивной карты диаграммы для страницы, изображенной на Рис. 1, приведен на Рис. 2.

Опыт выполнения подготовительного этапа показал, что ручное кодирование Wiki разметки, даже для страниц схожей структуры, трудоемко и может являться источником искажений документации из-за ошибок переноса и трансформации.

На следующем этапе было разработано программное обеспечение для автоматической трансляции текстовой части разделов исходной документации онтологий в соответствующие Wiki страницы. Программа работает по принципу нахождения преобразования текста найденного вида, сохраняет форматирование и выделяет заголовки при обнаружении определенных ключевых слов. Специальная функция, выделяющая названия концептов и записывающая их согласно установленным правилам Wiki разметки, используется при генерировании внутренних ссылок. Программа автоматически отслеживает и удаляет ссылки страницы самой на себя. Также отслеживаются комментарии и записываются с помощью специальных html тегов. Удаляются ссылки на секции исходного документа, не имеющие соответствующих Wiki страниц.

```
<imagemap>Image:PSI-ULO-Process-Context.png|right|The semantic context
of the concept of a '''Process''' . Click other concepts to
navigate.|800px|thumb

rect 50 313 150 362 [[Context]]
rect 271 330 416 378 [[ProcessPattern]]
rect 679 331 773 378 [[Goal]]
rect 536 254 672 301 [[AtomicAction]]
rect 671 118 770 165 [[Agent]]
rect 1 221 111 269 [[State]]
rect 10 76 140 123 [[Environment]]
rect 324 1 419 46 [[Event]]

desc bottom-left
</imagemap>
```

Рис. 2. Фрагмент кода разметки навилируемой карты диаграммы классов UML для семантического контекста концепта Process. Диаграмма приведена на Рис.1.

В целом, программа генерирует Wiki страниц приемлемого качества. Тем не менее, следует отметить, что полная автоматизация такого преобразования не представляется возможной. Опыт применения программы показал, что иногда требуется ручное редактирование в специфических случаях.

Например, было выведено правило, что при описании концепта его название и название других концептов прописывается жирным шрифтом, и при этом обязательно с большой буквы. Таким образом, для определения внутренних ссылок была прописана функция, находящая именно такие слова. Тем не менее, данное правило не выполняется для заглавного описания концептов онтологии PSI Upper-Level [15], поэтому разработчику приходится самостоятельно определять внутренние ссылки, так как, в общем случае эти слова ничем не отличаются от других. Также проблему создает довольно произвольная формулировка такого пункта описания как Mappings to Foundational Ontologies. Для нахождения данной структурной единицы текста производится поиск ключевого слова, но полной автоматизации, не требующей проверки, добиться не удалось.

Основной проблемой, не решенной в данной программной реализации, остается автоматизация процесса импортирования диаграмм и предоставление возможности навигации по Wiki с ее помощью. Несмотря на необходимость ручных операций, трудоемкость создания Wiki страниц существенно сокращаются – программа автоматизирует всю базовую разметку, объем которой не менее 90% всей разметки на странице.

Правильность выполнения автоматической генерации Wiki разметки при помощи разработанной программы проверялась путем ручного сравнения с разметкой, полученной на подготовительном этапе вручную. Конечная версия программы генерирует правильную Wiki разметку для всех структурных элементов документации, приведенных в Таблице 2. Для проверки эффективности использования программного обеспечения в качестве инструмента в технологическом процессе создания онлайн документации был проведен эксперимент с привлечением трех студентов второго курса специальности Информатика, слушающих специальный курс «Базы знаний и экспертные системы». Эксперимент состоял из двух фаз.

На первой фазе студентам было предложено вручную создать по десять Wiki страниц, документирующих различные концепты различной сложности. Исходная документация была взята из спецификации [13]. При выполнении этой работы проводился хронометраж операций преобразования текстовой части документации. Результаты работы проверялись руководителем эксперимента. В случае обнаружения ошибок студенты выполняли корректировку с соответствующим хронометражем. На второй фазе эксперимента студенты выполняли ту же самую работу, но использовали программное обеспечение для автоматической генерации Wiki разметки. Как и на первой фазе, работа хронометрировалась и проверялась руководителем эксперимента путем сравнения с соответствующими страницами, полученными на первой фазе вручную. Студенты также выполняли ручное редактирование, если обнаруживались ошибки или несоответствия. Итоги эксперимента представлены в Таблице 3.

Таблица № 3.

Результаты эксперимента по верификации эффективности разработанного программного обеспечения

	Студент 1		Студент 2		Студент 3		Девиация	
	РО	ПО	РО	ПО	РО	ПО	РО	ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	43,00	13,00	40,00	16,00	15,00	4,00	11,78	4,66
2	31,00	12,00	35,00	13,00	24,00	7,00	4,00	2,44
3	31,00	10,00	53,00	18,00	18,00	5,00	12,66	4,66
4	9,00	6,00	31,00	11,00	27,00	9,00	8,88	1,77
5	17,00	10,00	29,00	10,00	15,00	4,00	5,77	2,66
6	8,00	4,00	9,00	4,00	18,00	4,00	4,22	0,00

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	6,00	4,00	8,00	3,00	20,00	5,00	5,77	0,66
8	13,00	8,00	16,00	6,00	20,00	6,00	2,44	0,88
9	6,00	3,00	12,00	5,00	15,00	3,00	3,33	0,88
10	15,00	7,00	11,00	5,00	18,00	4,00	2,44	1,11
Средне е	17,90	7,70	24,40	9,10	19,00	5,10	6,13	1,97
%		43,02		37,30		26,84		32,14

Легенда: РО – ручная обработка;

ПО – использование программного обеспечения.

Процентные соотношения в последней строке Таблицы 3 показывают, что: (а) трудоемкость создания Wiki страниц с использованием разработанной программы уменьшилась примерно в три раза; (б) разброс длительности выполнения работы, характеризующий отличия в квалификации исполнителей, также снизился примерно в три раза. Таким образом, использование программного инструмента для создания онлайн документации онтологий существенно повышает эффективность работы и выравнивает квалификацию исполнителей. Кроме того, подробный анализ результатов эксперимента показывает, что внедрение программного обеспечения для автоматической генерации Wiki разметки существенно снижает количество ошибок кодирования. Внедрение данного программного обеспечения в технологический процесс позволяет группе разработчиков моделей представления знаний эффективно сопровождать онтологии в процессе их жизненного цикла.

Побочными результатом выполненной работы является получение практических навыков разработки документации онтологий студентами. Следует отметить, что мотивация студентов к выполнению практической части специального курса была существенно повышена привлечением их к мини-проекту в кооперации с промышленностью.

Заключение

В статье представлены различные аспекты научно-исследовательской кооперации группы «Интеллектуальные системы» с промышленными организациями Европы на протяжении последних пяти лет. Эта кооперация осуществляется в рамках различных проектов. В статье проанализированы приобретения от индустриальной кооперации на примере проектов PSI, PRODUKTIV+ и ACTIVE. Анализ имеющегося опыта позволяет сделать вывод об эффективности и взаимной выгоде нашей совместной работы. Кроме очевидных выгод от совместной исследовательской работы, существенное развитие и положительную мотивацию студентов мы наблюдаем и в учебном процессе. В статье детально рассмотрен опыт привлечения студентов к выполнению мини-проектов в рамках упомянутой совместной работы. Результаты позволяют повысить качество и востребованность подготовленных кадров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sohnius R. Holonic Simulation of a Design System for Performance Analysis / R. Sohnius, E. Jentsch, W. Matzke // HoloMAS '07: the 3rd international conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems, 2007: proc. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. – S. 447–454.
2. Ermolayev V. An Agent-Oriented Model of a Dynamic Engineering Design Process / V. Ermolayev, E. Jentsch, O. Karsayev, N. Keberle, W.-E. Matzke, V. Samoylov, R. Sohnius // Agent-Oriented Information Systems III: 7th International Bi-Conference Workshop, July 26, 2005, October 27, 2005. – Utrecht, Netherlands, Klagenfurt, Austria, 2006. – P. 168–183.
3. Ermolayev V. Towards Industrial Strength Business Performance Management / V. Ermolayev, W.-E. Matzke // Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems (HoloMAS 2007): 3d Int. Conf., Sept. 3-5, 2007: proc. – Regensburg, Germany, 2007. – P. 387–400

4. Ermolayev V. An Upper-Level Ontological Model for Engineering Design Performance Domain / V. Ermolayev, N. Keberle, W.-E. Matzke // Conceptual Modeling (ER 2008): 27-th Int. Conf., Oct. 20-23, 2008: proc. – Barcelona, Spain: LNCS 5231, 2008. – P. 98–113.
5. Ermolayev V. Modeling Actions in Dynamic Engineering Design Processes / V. Ermolayev, N. Keberle, E. Jentsch, R. Sohnius, W.-E. Matzke // UNISCON 2009: 3d Int. Conf., Apr. 21–24, 2009: proc. – Sydney, Australia: LNBIP 20, 2009. – P. 127–141.
6. Warren P. Improving Knowledge Worker Productivity – the ACTIVE Integrated Approach / P. Warren, N. Kings, I. Thurlow, J. Davies, T. Burger, E. Simperl, C. Ruiz, J.M. Gomez-Perez, V. Ermolayev, R. Ghani, M. Tilly, T. Bossler, A. Imiaz // BT Technology Journal. – 2009. – Vol. 26, № 2, April. – P. 165–176.
7. Ermolayev V. Active Technologies for Knowledge Management in Microelectronic Engineering Design / V. Ermolayev, E. Jentsch, F. Dengler, P. Warren, W.-E. Matzke // EDACentrum Newsletter. – 2010. – May.
8. Dengler F. Collaborative Process Development using Semantic MediaWiki / F. Dengler, S. Lamparter, M. Hefke, A. Abecker // Conference of Professional Knowledge Management: the 5th conf., 2009.: proceedings. – Solothurn, Switzerland, 2009.
9. Krötzsch M. Semantic Wikipedia / M. Krötzsch, D. Vrandečić, M. Völkel, H. Haller, R. Studer // *Journal of Web Semantics*. – 2007. – Vol. 5, Sep. – S. 251–261.
10. Кеберле Н. Применение логических средств к анализу изменений в онтологиях / Н. Кеберле, В. Ермолаев, В.-Э. Мацке // Системы управления, навигации и коммуникации. – 2009. – Vol. 11, № 3, ноябрь. – С. 105–110
11. Vladimirov V. Semi-Automated Instance Migration between Evolving Ontologies / V. Vladimirov, R. Sohnius, V. Ermolayev, W.-E. Matzke // Вестник НТУ ХПИ. Спец. выпуск “Системный анализ, управление и ИТБ”. – 2007. – № 7. – С. 130–144
12. Davidovsky M. V. A Problem Statement for Semi-Automated Ontology Instance Migration / M. V. Davidovsky, V. A. Ermolayev, W.-E. Matzke, V. A. Tolok // Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. – 2010. – май.
13. Ermolayev V. Performance Simulation Initiative. The Suite of Ontologies v.2.3. Reference Specification / V. Ermolayev, E. Jentsch, N. Keberle, R. Sohnius // Technical Report PSI-ONTO-TR-2009-1, 23.09.2009, VCAD EMEA Cadence Design Systems, GmbH, 2009. – 173 p.
14. Ermolayev V. Modeling and Simulation of Dynamic Engineering Design Processes / V. Ermolayev, V. Gorodetski, E. Jentsch, W.-E. Matzke // Tutorial at ER 2005, October 24-28, 2005: ER Workshops. – Klagenfurt, Austria: Springer LNCS 3770, 2005. – P. 470–472.
15. Ermolayev V. Performance Simulation Initiative. Upper-Level Ontology v.2.3. Reference Specification / V. Ermolayev, E. Jentsch, N. Keberle, R. Sohnius // Technical Report PSI-ONTO-TR-2009-2, 04.10.2009, VCAD EMEA Cadence Design Systems, GmbH, 2009. – 75 p.