

ЭЛЕКТРОННЫЙ ТЕКСТ СО ВСТРОЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ КОМПОНЕНТОМ

*Одесский государственный экологический университет, Одесса, Украина

Анотація. Стаття узагальнює попередні результати, одержані при роботі над проектом SmartText, що виконувався у Центрі електронного навчання університету штату Орегон (США) і в Інституті інформаційних технологій (Одеса, Україна). Однією з цілей проекту є розробка методології проектування текстових матеріалів з вбудованим інтелектуальним компонентом, що забезпечує читача персоналізованою підтримкою при роботі з текстом. У статті розглянуті чотири основні теми: електронний текст, який розширено за допомогою когнітивних ресурсів; ідея організації розширеного тексту з вбудованим інтелектуальним компонентом; діалогова поведінка як середовище для обміну знаннями між читачем і інтелектуальним текстом та архітектура SmartText «агенції».

Ключові слова: текст, розширений ресурсами, вбудований інтелект, інтелектуальний агент, діалог, діалогова поведінка.

Аннотация. Статья обобщает предварительные результаты, полученные в процессе работы над проектом SmartText, выполненным в Центре электронного обучения университета штата Орегон (США) и в Институте информационных технологий (Одесса, Украина). Одной из целей проекта является разработка методологии проектирования текстовых материалов со встроенным интеллектуальным компонентом, обеспечивающим читателя персонализированной помощью при работе с текстом. В статье обсуждаются четыре основные темы: электронный текст, расширенный при помощи когнитивных ресурсов; идея организации расширенного текста со встроенным интеллектуальным компонентом; диалоговое поведение как среда для обмена знаниями между читателем и интеллектуальным текстом и архитектура SmartText «агентства».

Ключевые слова: текст, расширенный ресурсами, встроенный интеллект, интеллектуальный агент, диалог, диалоговое поведение.

Abstract. This paper generalizes preliminary obtained results on the SmartText Project that has being conducted at the Center for Electronic Studying, University of Oregon (USA) and at the Institute of Information Technologies (Odesa, Ukraine). One of the aims of the project is to develop an appropriate design methodology for the constructing of text materials with embedded intelligent component, providing readers with personal assistance while reading the text. Four main topics are discussed in the paper: electronic enhanced text by means of cognitive resources; enhanced text with embedded intelligent component ideas; dialogue behavior as an environment of knowledge interchange between the reader and the intelligent text; and, SmartText “agency” architecture.

Keywords: enhanced text by means of resources, embedded intelligence, intelligent agent, dialogue, dialogue behavior.

1. Введение

Учащиеся сталкиваются с трудностями в процессе формирования семантики изучаемого текстового материала. Эти трудности возникают в тех случаях, когда учащиеся работают с текстом, сложность которого находится либо за пределами их читательских навыков либо концептуального базиса. Учащиеся могут пропускать или не понимать ключевые понятия текста или быть незнакомыми с его техническим словарём. Отмеченные трудности усугубляются, если учащиеся работают с текстом, написанным не на их родном языке. С особыми трудностями сталкиваются учащиеся-инвалиды, страдающие различной формой дислексии, недостатками слуха или зрения.

В статье описываются основные идеи, лежащие в основе компьютерных систем (главным образом, системы *SmartText* [1]), предназначенных для помощи учащимся в формировании семантики изучаемого текстового материала. Система типа *SmartText* является объединением двух направлений исследований в области информационных технологий и искусственного интеллекта: концепции текста, расширенного ресурсами, и теории эротематического диалога.

2. Текст, расширенный ресурсами

Текст, расширенный ресурсами (в англоязычной литературе – Supported Text Document, или STD), представляет собой специальным образом адаптированную форму гипертекста, разработанную с целью обеспечения учащихся помощью в процессе формирования семантики изучаемого текстового материала. В литературе описано несколько практических систем, представляющих собой реализацию текста, расширенного ресурсами, как для локального использования, так и в качестве Web-приложения. Примером может служить проект *Perseus*, описанный в [2] и предназначенный для изучения истории и культуры древней Греции.

Текст, расширенный ресурсами, состоит из трёх основных компонентов: исходного текста, набора ключей и набора ресурсов.

Исходный текст – это тот текстовый документ, с которым работает учащийся и который он пытается понять и ассоциировать с ранее сформированными когнитивными схемами.

Ключи представляют собой те части исходного текста, которые могут вызывать у учащегося трудности в восприятии и понимании в процессе решения задачи формирования семантики. Ключи отмечены в тексте ключевыми маркерами, которые, будучи активированы, обеспечивают доступ учащихся к пакетам ресурсов. Подготовленные учащиеся могут работать с исходным текстом, практически не пользуясь ключевыми маркерами. Для таких учащихся ресурсы «свёрнуты» и невидимы и не нарушают естественный ход восприятия материала. Однако в том случае, когда учащийся или встроенный интеллектуальный компонент обнаруживают необходимость в ресурсе, ключевой маркер активизируется и обеспечивает доступ к специфическому ресурсу.

Ключи делятся на две категории. Синтаксические ключи представляют собой физические элементы исходного текста: технический или контекстный словарь, сложные или запутанные предложения или параграфы, символы, заголовки, ссылки и т.п. Поскольку эти ключи являются частью исходного текста, они, как правило, играют роль ключевых маркеров.

Семантические ключи не могут быть промаркированы непосредственно при помощи элементов исходного текста, поскольку они не являются физическими элементами текста. Они относятся к когнитивным процессам, связанным с пониманием текста и, возможно, нуждающимся в дополнительных знаниях.

В [3] приведен отчёт исследований, посвящённых изучению понимания учащимися исторических текстов, в котором отмечается, что спецификой понимания таких текстов является умение связывать исторические события с соответствующими причинами, или умение конструировать соответствующие причинно-временные отношения между событиями, описанными в тексте. Для выполнения отмеченной работы учащемуся, возможно, понадобится обращаться к некоторому количеству ресурсов: ресурсам, необходимым для создания письменных заметок, вербально отражающих когнитивные схемы; ресурсам, необходимым для коммуникации с коллегами; к понятийным обзорам, посвящённым изучаемому материалу; списку исторических событий и т.п.

В [1] предлагается следующая категоризация ресурсов:

1. Трансляционные ресурсы (translational resources) обеспечивают альтернативными

формами или определениями отдельные слова и фразы или переводом на язык учащегося.

2. Иллюстративные ресурсы (illustrative resources), демонстрирующие примеры, графическую или видеоинтерпретацию.

3. Резюмирующие ресурсы (summarizing resources) с обзорами структуры, содержания или главных отличий текстового материала.

4. Ссылочные ресурсы (referential resources), обеспечивающие доступ к информации, на которую имеются ссылки.

5. Учебные ресурсы (instructional resources), содержащие инструкции по взаимодействию учащегося с текстом.

6. Сопутствующие ресурсы (collateral resources), пополняющие и расширяющие текстовый материал.

7. Заметочные ресурсы (notational resources) для ведения заметок, аннотаций, установки закладок или подчёркивания текстовых элементов.

8. Кооперативные ресурсы (collaborative resources), обеспечивающие возможность кооперации с другими учащимися.

9. Ресурсы общего назначения (general purpose resources), такие, например, как энциклопедии.

Более подробное описание текста, расширенного ресурсами, можно найти в [4].

3. Задачи встроенного интеллектуального компонента

В [5, 6] описана система *Electrotext*, представляющая собой текст, расширенный ресурсами, созданный при помощи пакета программ *HyperCard* и ориентированный на работу с локальным компьютером. Система *Electrotext* предназначена для учащихся средних школ, страдающих дислексией. В качестве исходного текста используются короткие и простые рассказы. Ресурсы, необходимость обращения к которым учащиеся должны принимать самостоятельно, представляют собой определения и толкования трудных слов, три типа вспомогательных вопросов, а также картинки, иллюстрирующие некоторые события и понятия.

В [4] описана система *LITERACY-HI*, а также приведены результаты исследования поведения учащихся с недостатками слуха при работе с этой системой. Используя гипертекстовую версию отдельных глав из своего школьного учебника и портативные персональные компьютеры, учащиеся получали доступ к следующим ресурсам: трансляция трудных слов и фраз в текстовое толкование, синтезированная речь или видеоклип; иллюстрации ключевых понятий и процессов при помощи анимации; резюме содержания главы с использованием графики; вспомогательные вопросы, помогающие понять содержание текста.

В [1] описана система *Web de Anza*, представляющая собой web-ориентированный текст, расширенный ресурсами, предназначенный для развития критического мышления учащихся при работе с историческими текстами. *Web de Anza* создан на основе документального материала, посвящённого экспедиции Жана Батиста де Анза, который в период с 1774 по 1776 гг. исследовал территорию Калифорнии и основал город Сан-Франциско.

Рис. 1 иллюстрирует страницы и ресурсы системы *Web de Anza*.

Опыт применения текстов, расширенных ресурсами для различных групп учащихся, позволяет сформулировать три главные причины, обуславливающие необходимость встраивания в его структуру интеллектуального компонента.

Первая причина. Несмотря на то, что учащиеся легко осваивают технику работы с текстом, расширенным ресурсами, они часто забывают, что текст, расширенный ресурсами, это не просто текст в электронной форме. В экстремальных случаях учащиеся либо забывают, что текст, расширенный ресурсами, это интерактивная система, и

игнорируют ресурсы либо фокусируют внимание исключительно на ресурсах, игнорируя исходный текст. Подобные проблемы могут решаться вмешательством интеллектуального компонента, встроенного в текст, расширенного ресурсами.

Вторая причина. Различные учащиеся, с точки зрения их начальных знаний и когнитивных способностей, требуют различных пакетов ресурсов. Пакеты ресурсов могут быть персонализированы путём использования файлов предпочтений, формируемых самим учащимся. Однако, как правило, учащийся не в состоянии ясно сформулировать свои когнитивные предпочтения. Поэтому целесообразно осуществлять автоматическую диагностику и формирование файла предпочтений при помощи интеллектуального компонента.

Anza Web-Based Study Environment

The image displays a complex web-based study environment for the Anza expedition. It consists of several overlapping browser windows:

- Atlas - Microsoft Internet Explorer:** Shows a map of the Anza region with navigation options like 'Contents', 'Archive', 'Atlas', 'Biographies', 'Collateral Materials', 'Image Gallery', 'Reference Materials', 'Study Guides', and 'Timelines'.
- Image Gallery - Microsoft Internet Explorer:** Displays a gallery of images related to the expedition, categorized by 'People', 'Places', and 'Things'.
- Moraga Diary 1775-76 - Microsoft Internet Explorer:** Shows a diary entry for Monday, February 12, 1776, describing the expedition's progress and challenges.
- Font Short Diary 1775 - Microsoft Internet Explorer:** Shows a shorter version of the diary entry.
- Anza Diary 1775-76 p2 - Microsoft Internet Explorer:** Shows a detailed diary entry with a sidebar containing 'PEOPLE' (Moraga), 'PLACES' (San Gabriel), and 'THEMES' (desertion).
- Font Diary (Spanish) 1775-76 - Microsoft Internet Explorer:** Shows the Spanish version of the diary entry for February 12.
- Resource Index - Microsoft Internet Explorer:** Provides a structured overview of the content, including a 'Monday, February 12' section with a detailed description of the day's events and a 'muleteers' section.
- San Gabriel Mission - Microsoft Internet Explorer:** Provides background information on the Mission San Gabriel Arcangel, established in 1771.
- Resource Guides - Microsoft Internet Explorer:** Lists various resources such as 'Missions', 'Diaries', and 'Pictures' with links to specific content.

Arrows indicate the flow of information and the integration of these resources into the main text of the diary entry.

Рис. 1. Компоненты текста, расширенного ресурсами системы *Web de Anza*
Третья причина. В процессе работы с текстом, расширенным ресурсами, учащимся

может понадобиться необходимость пополнения некоторых знаний, нехватка которых существенна и мешает пониманию текста. В [1] отмечается, что концептуальные карты являются эффективным средством представления причинно-временных отношений, необходимых для формирования семантики исторических текстов. Учащиеся, незнакомые с концептуальными картами, могут получить по запросу короткий обучающий курс по их применению. Целесообразно возложить эти функции на встроенный интеллектуальный компонент.

Таким образом, можно сформулировать две главные задачи, стоящие перед интеллектуальным компонентом, встраиваемым в текст, расширенный ресурсами:

- компенсация недостатка когнитивных навыков учащихся при оперировании и навигации обширными ресурсами текста;
- адаптация компонентов текста, расширенного ресурсами, к персональным когнитивным характеристикам учащихся.

Обе задачи направлены на углубление персонализации текста, расширенного ресурсами, относительно текущего когнитивного профиля отдельного учащегося. Это означает, что интеллектуальный компонент, встроенный в текст, расширенный ресурсами, может помочь решить проблему разработки персонализированной обучающей среды с целью формирования семантики из текстов общего назначения для учащегося с заранее неизвестными когнитивными способностями.

Продолжим обсуждение проблемы персонализации текста, расширенного ресурсами, путём его адаптации к текущему когнитивному профилю учащегося с точки зрения технологической парадигмы, которую исследователи из Массачусетского технологического института назвали «вещи, которые думают». В [7] описано несколько интересных примеров «вещей, которые думают»: обувь, кофеварка, микроволновая печь и другие, отражающие точку зрения авторов на понятие «встроенный интеллект».

Одним из характерных примеров является поведение «думающей» кофеварки. Если вы приближаетесь к такой кофеварке с пустой чашкой, то она может задать вам вопрос типа: «Ещё чашку кофе, приятель?» Простого ответа «да» или «нет» достаточно. В ответ машина может заметить: «Между прочим, это твоя третья чашка кофе сегодня, а чашку ты не мыл уже несколько дней...».

Описанное поведение может быть смоделировано при помощи диалоговой системы, агентами которой являются «думающая кофейная машина» и её пользователь. С целью симуляции разнообразного поведения «думающая кофейная машина» не должна повторять одну и ту же фразу при повторяющихся действиях пользователя. Её поведение должно изменяться или быть адаптивным. Анализ примеров поведения «думающих вещей», описанных в [7], позволяет перечислить отличительные характеристики таких диалоговых систем:

- «думающие вещи» находятся в диалоге со своими пользователями;
- деятельность «думающих вещей» может быть определена как диалоговое поведение;
- диалоговое поведение «думающих вещей» является целенаправленным и адаптивным.

Возвращаясь к проблеме текста, расширенного ресурсами, в качестве первого приближения определим его как подкласс систем встроенного интеллекта, который отличается от простого текста, расширенного ресурсами, следующими отличительными характеристиками:

- интеллектуальный текст, расширенный ресурсами, находится в постоянном диалоговом общении с учащимся;
- деятельность интеллектуального текста, расширенного ресурсами, может быть квалифицирована как поведение;

- поведение интеллектуального текста, расширенного ресурсами, целенаправленно и адаптивно.

Интеллектуальный текст, расширенный ресурсами, реализует своё поведение путем генерации последовательности «умных» страниц (SmartPages), которые он предоставляет учащемуся. Эта последовательность отражает как метод навигации, так и когнитивные навыки учащегося. Содержание и атрибуты умной страницы отражают персонализированный набор компонентов текста, расширенного ресурсами, и соответствуют когнитивному профилю учащегося. Интеллектуальный текст, расширенный ресурсами, не может хранить набор заранее подготовленных «умных» страниц, поскольку они зависят от учащегося и должны быть персонализированы. Идея заключается в том, что «умная» страница динамически генерируется непосредственно перед выводом. Содержание «умной» страницы, ключевые маркеры, пакеты ресурсов и т.д. создаются в процессе сборки в соответствии с зависимым от учащегося описанием «умной» страницы. Описание «умной» страницы отражает когнитивные характеристики учащегося и генерируется встроенным диалоговым компонентом текста, расширенного ресурсами, в соответствии с информацией, накопленной в ходе диалога.

4. Организация встроенного интеллектуального компонента

Одной из важных характеристик текста со встроенным интеллектуальным компонентом является его перманентная интерактивность. Хайес [8] различает два типа интерактивных систем: диалоговые или разговорные системы и инструментальные системы. В диалоговых системах пользователь взаимодействует с системой с целью совместного решения проблемы. Инструментальные системы полностью контролируются пользователем, с их помощью пользователь формирует последовательность команд без вмешательства системы.

Существует ещё одна важная отличительная характеристика интерактивных систем – автономность. Автономные интерактивные системы, проинициализированные пользователем, функционируют полностью автономно или используют пользователя в качестве «сенсора» первичной информации. Примером автономных интерактивных систем могут служить большинство продукционных экспертных систем диагностического типа. Диалоговые системы – не автономны. Процедурные и декларативные знания, необходимые для решения задачи, распределены между системой и её пользователем.

Важной функцией текста со встроенным интеллектуальным компонентом является уменьшение информационной перегрузки учащегося путём пошагового и селективного представления релевантной информации. Легко представить обширный текст, расширенный ресурсами, включающий тысячи страниц и десятки тысяч ключей, связанных с ресурсами, в качестве примера системы, в которой даже опытный учащийся будет в затруднении осуществлять навигацию самостоятельно.

Диалог как метод решения проблем предполагает существование двух целенаправленных и взаимодействующих агентов, которые формируют общую когнитивную систему. Для демонстрации целенаправленного поведения текст со встроенным интеллектуальным компонентом должен обладать такими свойствами, как пошаговая передача/восприятие знаний, аккумулятивное фактическое знание обучающихся, способность осуществлять логический вывод относительно когнитивных способностей учащегося и т.д.

Мы рассматриваем диалоговое поведение как дискретное или пошаговое. Шаг диалогового поведения соответствует диалоговой транзакции, а сценарии диалогового поведения текста, расширенного ресурсами, могут быть синтезированы с использованием некоторого конечного набора транзакций сценария. При выполнении транзакции осуществляется элементарный цикл обмена знаниями между учащимся и текстом.

Учащийся во время выполнения транзакции получает «умную» страницу, изучает её, принимает решение о последующих действиях и формирует ответ.

Естественное распределение ролей диалоговых агентов, в случае текста со встроенным интеллектуальным компонентом, – это реализация учащимся роли реактивного агента диалога и реализация текстом, расширенным ресурсами, роли активного агента диалога. Учащийся логически зависит от текста. Учащийся не может сформировать произвольный ответ, а должен вернуть тексту релевантную порцию декларативных знаний. Следуя Андерсону [9], будем называть эту порцию декларативных знаний – «chunk». Учащийся не может формировать произвольный ответ, поскольку в этом случае нарушится логика диалогового процесса, и он превращается в два независимых монолога.

Таким образом, в пределах одной транзакции текст и учащийся передают друг другу взаимосвязанные порции декларативных знаний. «Умная» страница, которую текст, расширенный ресурсами, передаёт учащемуся, имеет логическую структуру вопроса, а порция знаний, которая передаётся от учащегося к тексту, – логическую структуру ответа.

Будем обозначать отмеченные порции знаний, имеющие логическую структуру вопросов и ответов, *SmartPage* и *AnsChunk* соответственно. «Умная» страница, или *SmartPage*, является переносчиком информации двух типов: фрагмента декларативных знаний, из которых формируется ответ, называемый субъектом страницы, и спецификации желаемого ответа, называемой требованием страницы.

Субъект «умной» страницы – это «исходный материал» для формирования ответа. Учащийся в процессе формирования ответа использует не все знания, хранящиеся в его декларативной памяти, а только небольшой фрагмент этих знаний, задаваемых субъектом «умной» страницы. Требование страницы определяет, какая часть субъекта страницы должна перейти в ответ. Таким образом, общую логическую структуру *SmartPage* и *AnsChunk* представим в виде

$$SmartPage \stackrel{\text{def}}{=} Subj, Req \quad (1)$$

$$AnsChunk \in Subj, \quad (2)$$

где *Subj* – субъект «умной» страницы;

Req – требование «умной» страницы.

Будем рассматривать субъект «умной» страницы как набор объектов, хранящих семантически родственные элементы, а требование – как закодированную спецификацию ответа

$$SmartPage = Req, \{Obj_i\}, i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

где $\{Obj_i\} i = 1, \dots, n$ – набор объектов, составляющих субъект «умной» страницы.

Тогда *AnsChunk* представляет собой подмножество объектов субъекта страницы:

$$AnsChunk = \{Obj_i\}, i = 1, \dots, m; m < n. \quad (4)$$

Субъект вопроса, в общем случае, порождает множество возможных ответов. Поэтому каждая «умная» страница *SmartPage* может породить множество возможных *AnsChunk*:

$$ANS = \{AnsChunk_\beta\}, \beta = 1, \dots, k. \quad (5)$$

Текст со встроенным интеллектуальным компонентом в зависимости от цели планирует (ожидает) получить и распознать более узкое, чем ANS, множество ответов или распознаваемое множество ответов. Обозначим это множество как R^i (где i – номер транзакции). Распознаваемое множество ответов объединяет ответы, в которых текст нуждается для продолжения диалога. Все остальные ответы будем квалифицировать как

нераспознаваемые и обозначать NR^i .

Представление структуры «умной» страницы в виде субъекта и требования позволяет относительно легко решить задачу о вербальном и невербальном способах представления информации в пределах страницы. Ясно, что, по крайней мере, объекты субъекта могут быть представлены невербально. Что касается требования, имеющего статус объяснительной компоненты, то оно должно иметь вербальное представление.

В «умной» странице объекты представляют собой элементы исходного текста и сопутствующие ресурсы. Требование трансформирует информацию, представляемую «умной» страницей, в мини-задачу и детерминирует интерактивность между учащимся и текстом.

Таким образом, структура каждой диалоговой транзакции между текстом со встроенным интеллектуальным компонентом и учащимся может быть представлена следующими компонентами:

- имя транзакции;
- имя «умной» страницы;
- множество распознаваемых ответов;
- множество имен транзакций, соответствующих распознаваемым ответам;
- имя транзакции для случая нераспознаваемых ответов.

Взаимодействие между текстом со встроенным интеллектуальным компонентом и учащимся предполагает проведение логических умозаключений. Будем рассматривать два уровня умозаключений: (1) умозаключения в пределах транзакции и (2) умозаключения, в результате которых формируется протокол диалога в виде цепочки транзакций.

Умозаключения в пределах транзакции разобьём на три фазы:

- умозаключения текста при формировании «умной» страницы и до получения ответа от учащегося;
- умозаключения учащегося при подготовке ответа;
- умозаключения текста после получения ответа учащегося.

Логическая зависимость учащегося от текста со встроенным интеллектуальным компонентом управляется последним во время формирования «умной» страницы. Текст может рассматривать «умную» страницу как «психологический сенсор», помещённый в сознание учащегося с целью получения необходимой порции знаний. Фрагмент знаний, куда помещается отмеченный «психологический сенсор», определяется субъектом страницы, в то время как требование страницы специфицирует ту часть информации, которая выделяется из субъекта и передаётся в ответе.

Упрощённые рассуждения текста со встроенным интеллектуальным компонентом при синтезе «умной» страницы можно представить следующим образом: «Для продолжения текущего диалогового поведения мне необходима очередная порция знаний от учащегося. Я предполагаю, что необходимая порция знаний находится в пределах данного субъекта «умной» страницы. Учащийся должен сформировать необходимую порцию знаний из этого субъекта в соответствии с ограничениями, задаваемыми требованием страницы».

Логика учащегося в процессе формирования ответа – это «логика селекции или экстракции». Учащийся формирует ответ из субъекта страницы в соответствии с требованием путём селекции некоторого подмножества объектов.

После получения ответа текст со встроенным интеллектуальным компонентом должен принять решение о том, какую следующую транзакцию необходимо выбрать для продолжения текущего диалогового поведения. Таким образом, после того, как получен ответ, текст со встроенным интеллектуальным компонентом должен выбрать очередную транзакцию в соответствии с логикой диалогового поведения, воплощенной в сценарии диалога.

Сценарий диалога можно определить как совокупность памяти вопросов *QueMet* и диалогового метода доступа к памяти вопросов *DiAM*. Введем параллельный термин «диалоговая база знаний» *DiKB*, под которой также будем понимать совокупность *QueMet* и *DiAM*. Термин «диалоговая база знаний» вполне правомерен, поскольку, с точки зрения процедурно-декларативной дихотомии знаний, память вопросов является хранилищем декларативных знаний, а диалоговый метод доступа к памяти вопросов – хранилищем процедурных знаний. Применительно к тематике текста со встроенным интеллектуальным компонентом память вопросов является хранилищем «умных» страниц.

С точки зрения логического вывода, *DiKB* может рассматриваться как набор интеррогативных гипотез текста со встроенным интеллектуальным компонентом относительно знаний и когнитивных способностей учащегося. Каждая гипотеза эквивалентна некоторой цепочке транзакций в пределах *DiKB* и может быть описана соответствующим правилом продукции. Поэтому диалоговый процесс между текстом со встроенным интеллектуальным компонентом и учащимся можно рассматривать как перманентный процесс доказательства истинности последовательности гипотез текста относительно знаний и когнитивных способностей учащегося. Иными словами, диалоговый процесс между текстом со встроенным интеллектуальным компонентом и учащимся является процессом диагностики декларативных знаний и когнитивных способностей учащегося при помощи дедуктивного процесса.

Таким образом, знания, регламентирующие диалоговое поведение текста со встроенным интеллектуальным компонентом, хранятся в *DiKB*. Реализация диалогового поведения осуществляется при помощи унифицированной процедуры обработки диалоговой транзакции *DiMC* и специализированных процедур демонов *QueDemon* и *AnsDemon* [10].

Рассмотрим вариант внутренней организации унифицированной процедуры *DiMC* в виде команды программных агентов. Несмотря на то, что предлагаемая архитектура разработана в рамках проекта *SmatText*, она может рассматриваться как способ реализации унифицированной процедуры *DiMC* в общем случае. Мы интерпретируем понятие «агент» так, как оно было впервые предложено Марвином Мински [11]. Агент – это любая часть сознания, структура и поведение которого относительно просты и понятны, в то время как взаимодействие команды таких агентов может продуцировать феномен разумного поведения, понять который значительно сложнее.

Произвольный агент на каждом шаге диалога демонстрирует специфическое поведение, которое определяется его внутренней структурой и состоянием внутреннего и внешнего мира процедуры *DiMC*. Здесь под внешним миром процедуры *DiMC* мы понимаем модель знаний учащегося, а под внутренним миром – модель знаний текста со встроенным интеллектуальным компонентом, хранящихся, главным образом, в *DiKB*.

Предлагаемая многоагентная организация процедуры *DiMC* разработана с целью обработки произвольной транзакции, а поведение каждого из агентов команды определяется логикой вопросно-ответного диалогового процесса, а не логикой предметной области. Все особенности предметной области хранятся в *DiKB*. Агенты действуют асинхронно, последовательно и циклически передают активность друг другу. Совмещение диалогового процесса и процесса дедуктивного вывода заложено в сценарий диалога и отражено в структуре *DiAM*.

Рис. 2 отражает структуру многоагентной организации *DiMC*. На рис. 2 компоненты, соответствующие внутреннему миру процедуры *DiMC*, расположены внутри цикла, изображенного жирной линией. Предполагается, что внешний мир процедуры *DiMC* расположен снаружи цикла.

Функционирование *DiMC* детерминировано поведением следующих четырех агентов:

- 1) презентационный агент (*PreAgent*);
- 2) воспринимающий агент (*PrsAgent*);
- 3) анализирующий агент (*AnlAgent*);
- 4) агент транзакции (*TrnAgent*).

Поведение презентационного агента. Презентационный агент осуществляет презентацию «умной» страницы учащемуся. Страница, например, может соответствовать вопросу, который спроектирован для получения фактов с целью вывода заключений о степени понимания фрагмента исходного текстового документа учащимся. Взаимодействие с внешним миром однонаправленное, от *PreAgent* к учащемуся. Взаимодействие с внутренним миром осуществляется следующим образом. Из блока памяти, который хранит описания текущей транзакции, *PreAgent* читает имя «умной» страницы, а затем всю информацию, необходимую для ее презентации.

Поведение воспринимающего агента. Агент воспринимает *AnsChunk* от учащегося и аккумулирует их в аккумуляторе *AnsChunk*. Таким образом, аккумулятор *AnsChunk* хранит историю ответов учащегося. Взаимодействие с внешним миром однонаправленное, от учащегося к *PrsAgent*. Ответы учащегося воспринимаются и кодируются при помощи стандартного периферийного оборудования компьютера. Взаимодействие с внутренним миром осуществляется путем накопления *AnsChunk* в аккумуляторе.

Поведение анализирующего агента. Анализирующий агент распознаёт воспринятый *AnsChunk* путём его последовательного сравнения с элементами множества распознаваемых ответов R^i и определяет имя следующей транзакции. *AnlAgent* не взаимодействует с внешним миром. Его взаимодействие с внутренним миром осуществляется следующим образом. *AnlAgent* читает *AnsChunk* из аккумулятора и R^i из блока памяти, хранящего описание текущей транзакции. Затем определяет имя следующей транзакции, которое помещает его в память имени следующей транзакции.

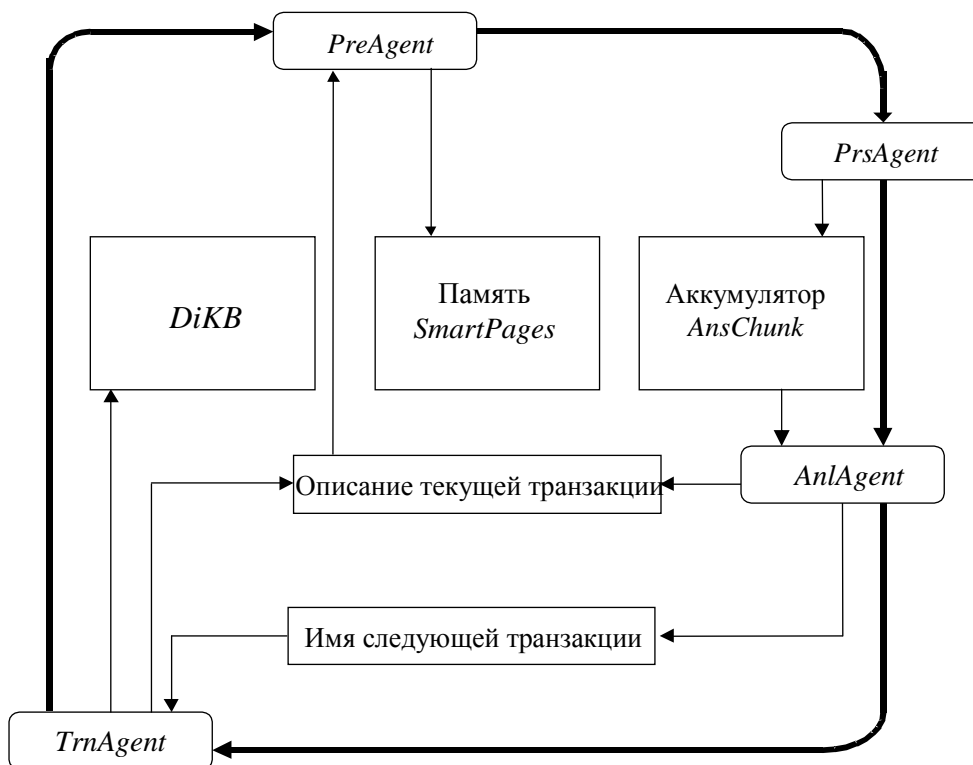


Рис. 2. Структура многоагентной организации процедуры *DiMC*

Поведение агента транзакции. Агент транзакции обновляет описание текущей транзакции. Агент транзакции не взаимодействует с внешним миром. Его взаимодействие

с внутренним миром осуществляется следующим образом. Агент транзакции читает имя следующей транзакции из соответствующего блока памяти, а затем описание этой транзакции из *DiKB*. Полученное описание транзакции помещается в память описаний текущей транзакции.

Многоагентная организация процесса *DiMC* предполагает некоторый стандарт в понимании диалогового процесса. Например, «умная» страница собирается из некоторого типизированного количества объектов. Имя следующей транзакции однозначно определяется распознанным *AnsChunk* и хранится в описании транзакции сценария диалогового метода доступа. Унифицированный процесс *DiMC* не может выполнять вычислений.

Для расширения рамок отмеченного стандарта предполагается возможность нарушения цикла активизации агентов в двух точках: во время работы презентационного агента *PreAgent* и во время работы анализирующего агента *AnlAgent*. Возможные нарушения цикла активизации агентов планируются в описании транзакции. При прерывании цикла управление передаётся специализированным агентам, названным ранее процедурами-демонами *QueDemon* и *AnsDemon*. Агенты-демоны реализуют все необходимые нестандартные функции унифицированного процесса *DiMC*.

6. Заключение

Электронный текст со встроенным интеллектуальным компонентом является, по сути, активным партнером диалогового процесса вопросно-ответного типа. Находясь в постоянном диалоговом взаимодействии с читателем, текст со встроенным интеллектуальным компонентом в состоянии детерминировать когнитивный профиль читателя и генерировать последовательность персонализированных «умных» страниц в соответствии с этим профилем. «Умная» страница содержит текстовый материал, расширенный дополнительными персонализированными ресурсами, облегчающими понимание текста конкретным читателем. С точки зрения типологии обучающих программ, электронный текст со встроенным интеллектуальным компонентом может рассматриваться как дальнейшее развитие интеллектуальных тьюторов в направлении персонализации процесса обучения. Классический интеллектуальный тьютор генерирует последовательность обучающих эпизодов в соответствии с моделью учащегося, которая отражает свойства некоторого класса учащихся. Электронный текст со встроенным интеллектуальным компонентом на каждом шаге генерирует страницу, соответствующую когнитивному профилю конкретного читателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chemyr I.A. Anderson-Inman L. SmartText: Using Agents Supporting Personalized Reading Comprehension / I.A. Chemyr, M.A. Horney // Personal Technologies. – 1998. – Vol. 2, N 3. – P. 152 – 161.
2. Crane G.R. The Perseus Project [Электронный ресурс]. – 1997. – September. – Режим доступа: <http://www.perseus.tufts.edu>.
3. Learning from history texts: From causal analysis to argument models / A.M. Britt, J.F. Rouet, M.C. Georgi [et al.]; G. Leinhart, I.L. Beck, C. Stainton (eds.) // Teaching and Learning in History. – N.J. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1994. – P. 47 – 84.
4. Anderson-Inman L. Transforming text for at-risk readers / L. Anderson-Inman, M. Horney, D. Reinking, L. Labbo, M. McKenna&R. Kieffer (eds.) // Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world Mahwah. – N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. – P. 15 – 43.
5. Hypertext Literacy: Observations From the ElectroText Project / L. Anderson-Inman, M.A. Horney, D.T. Chen [et al.] // Language Arts. – 1994. – Vol. 71, N 4. – P. 279 – 287.

6. Horney M.A. The ElectroText Project: Hypertext Reading Patterns of Middle School Students / M.A. Horney, L. Anderson-Inman // Journal of Educational Multimedia and Hypermedia. – 1994. – Vol. 3, N 1. – P. 71 – 91.
7. Hawley M.R. Things That Think / M.R. Hawley, D. Poor, M. Tuteja // Personal Technologies. – 1997. – Vol.1, N 1. – P. 13 – 20.
8. Hayes P. Changes in human-computer interfaces on the space station: why it needs to happen and how to plan for it / P. Hayes // Humans in Automated and Robotic Space Systems. – Washington, D.C. National Academy of Sciences, 1985. – P. 34 – 48.
9. Anderson J.R. The Architecture of Cognition / Anderson J.R. – Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1983. – 311 p.
10. Чмырь И.А. Моделирование активного агента эстетического диалога / И.А. Чмырь // Математичне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. – (Серія «Технічні науки»). – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський нац. ун-т ім. Івана Огієнка, 2014. – Вип. 10. – С. 218 – 231.
11. Minsky M. The Society of Mind / Minsky M. – New York: Simon and Schuster, 1988. – 303 p.

Стаття надійшла до редакції 23.06.2014