

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МЫШЛЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМАХ

А.С. Тощев

*Высшая школа информационных технологий и информационных систем
Казанского (Приволжского) федерального университета
atoschev@kpfu.ru*

Аннотация

Описана эволюция моделей мышления в рамках решения задачи построения интеллектуальной вопросно-ответной системы для автоматизации обработки запросов пользователей на естественном языке, начиная от простой модели на основе деревьев решений и заканчивая полноценной моделью мышления, основанной на модели мышления человека Марвина Мински. Каждая модель разработана и протестирована. Приведены результаты экспериментов и сделаны выводы о состоятельности каждой из моделей.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, машинное обучение, системный анализ, машинное мышление, обработка естественного языка, деревья решений*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко востребованным становится применение технологий искусственного интеллекта для автоматизации работы людей-специалистов, под которыми в настоящей статье подразумеваются агенты технической поддержки. За время развития области информационных технологий сконструировано множество различных информационных систем, которые необходимо поддерживать, так как ими продолжают пользоваться. К такой категории систем можно отнести работу электронных помощников [1]. Если рассматривать различные заявки, поступающие от пользователей, то среди них есть множество простых в исполнении [2], например, «Установите мне приложение», «Как найти такую-то статью на вашем сайте?», «Не работает раздел X на сайте». Целью исследования,

Александр Сергеевич Тощев

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МЫШЛЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМАХ**

С. 222-230

Максим Олегович Таланов, Александр Сергеевич Тощев

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭМОЦИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

С. 231-241

Екатерина Владимировна Разувалова, Константин Александрович Руденко

**ПРОБЛЕМА КОРРЕКТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМИНОВ В
КОМПЬЮТЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ**

С. 242-253

**Влада Владимировна Кугуракова, Максим Олегович Таланов, Надир
Ринатович Манахов, Денис Сергеевич Иванов**

**АНТРОПОМОРФНЫЙ СОЦИАЛЬНЫЙ АГЕНТ С СИМУЛЯЦИЕЙ
ЭМОЦИЙ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ**

С. 254-268

**Азат Ринатович Хафизов, Александр Сергеевич Сергеев, Влада
Владимировна Кугуракова, Айрат Габитович Ситдииков**

**АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ БОЛГАРСКОГО ГОРОДИЩА X–XV ВВ.,
КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ
КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ**

С. 269-282

результаты которого представлены ниже, было создание системы, использующей принципы искусственного интеллекта и семантического анализа входящей информации [3] (с. 230-260). Важными критериями таких систем являются способности обучения и использования простейшей логики: мышление по аналогии; экстраполяция результата. Работы над системой начались в 2009 году, при этом были исследованы и использованы следующие модели: IDP, Menta 0.1, Menta 0.2-0.3, TU 1.0.

МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА

Модель IDP. Одной из первых задач создаваемой системы была обработка документов для дальнейшего интеллектуального поиска по ним (**IDP** –Intellectual Document Processing). В систему загружались документы, после чего система их разбирала. Ответ на поставленный вопрос формировался при помощи деревьев принятия решений [4]. Система не поддерживала обучения на естественном языке, а также требовала значительного количества документов для функционирования.

Модель Menta 0.1. Следующим шагом было построение интеллектуальной системы. Для этого были использованы следующие компоненты: обработка запросов на естественном языке; поиск решения; применение решения.

На этом этапе система была ориентирована на выполнение простых команд, например, «Добавить поле к форме». Основная функция модели представлена следующим потоком действий:

- получение и формализация запроса;
- генерация Action (специального объекта, который содержит информацию для следующего шага);
- изменение модели приложения в формате OWL [5] согласно Action;
- генерация и компиляция приложения.

Основными проблемами были: отсутствие устойчивости к ошибкам входной информации (грамматическим и содержательным), например, входной файл не имел отношения к программной системе, модель которой была представлена в базе знаний в формате OWL; система поиска решения работала только в рамках модели одной программы и только на прямых командах; отсутствовала функция обучения.

Модель Menta 0.2-0.3. Следующим шагом стало использование генетических алгоритмов в сочетании с модулями логики. В результате были сформированы основные компоненты будущей итоговой модели: критерии приемки (Acceptance Criteria); формат данных OWL; использование логических вычислений. Система содержала в себе модель приложения. При помощи генетического алгоритма модель строила из отдельных частей новую систему и при помощи логического движка [6] проверяла ее соответствие входным критериям приемки. Основным недостатком такого подхода оказалось отсутствие обучения и обработки естественного языка. Кроме того, апробация показала, что критерии приемки практически описывают необходимое решение, что являлось недопустимым. Подробнее данный подход описан в [7].

Модель TU – это модель, построенная с применением модели мышления Марвина Мински [8]. Она реализовала основные концепции предыдущих моделей и показала свою состоятельность на контрольных примерах. Характерные особенности системы: Acceptance Criteria, обучение, поиск и применение решения, отсутствие обработки естественного языка. Данная модель является более абстрактной и представляет собой верхнеуровневую архитектуру обработки запроса (мышления), ее компонентами стали лучшие части предыдущих систем.

Краеугольным постулатом модели Мински является конструкция-триплет: критик, селектор, путь мышления. Критик – это вероятностный предикат. В упрощенном виде критик – это датчик-переключатель, который срабатывает при определенных условиях. После активации определенным событием критик с помощью своего предиката проверяет, реагирует ли система на это событие или нет. После срабатывания критик ищет сопоставленный ему селектор и возвращает его. В реализованной системе критиками являются: «Критик входящих запросов», который срабатывает при появлении запроса в системе; «Критик обработки естественного языка», который срабатывает при построении семантической сети входящего запроса.

Селектор является компонентом работы с данными и производит подготовку запроса для выборки информации. Селектор может вернуть запрос для активации в системе других компонентов: либо другого критика, либо другого селектора. Селектор подготавливает атрибуты запроса. В реализованной системе

объектами типа селектор является, например, объект «Классификация проблем с прямыми инструкциями», который активируется «Критиком входящих запросов».

Путь мышления – это компонент, который производит работу с данными и решает заявленную проблему. Примерами путей мышления в области решения проблем информационных технологий могут служить: «приобретённое знание» – система знает, как решить проблему, используя уже накопленные знания; «адаптация» – применение существующего «похожего» решения; «реформуляция» – перевод проблемы после «адаптации» в «приобретённое знание»; «зов к помощи» – путь, при помощи которого система обращается к специалисту-человеку за помощью (во время активации этого пути система переходит в режим обучения).

Вторым важным постулатом теории Мински является концепция уровней мышления, каждый из которых определяет более комплексное поведение и включает в себя сложность предыдущего. Эти уровни таковы: инстинктивный; уровень приобретенных знаний; уровень мышления; рефлексивный уровень; саморефлексивный уровень; самосознательный уровень. Важно отметить, что в своей работе Мински дает лишь рамочное описание этих уровней с точки зрения человека. Нами эта концепция была расширена и перенесена на компьютерную систему.

Первый (самый низкий) уровень включает врожденные инстинкты, высший уровень – идеалы и персональные цели. На первом уровне система опирается на входение ключевых фраз в текстовое сообщение и, применяя регулярные выражения, пытается «инстинктивно» понять проблему, например, в случае шаблонных запросов, создаваемых сторонними пользователями. Если система не смогла найти решение на первом уровне, она переходит на второй уровень; здесь происходит построение семантической сети входящего запроса, активируется «критик классификации проблем».

Третий уровень контролирует, не найдено ли решение текущей проблемы, ставит системе новые цели. Базовая цель – «помочь пользователю». Начиная с нее, система анализирует подцели: понять запрос, понять проблему, найти решение.

Четвертый уровень контролирует время выполнения входящего запроса и, если это время превышает определённую планку, производит перераспределение ресурсов.

На пятом уровне происходит инициализация контекста запросов, происходят коммуникации с пользователем.

Шестой уровень контролирует общее состояние системы, ресурсов, проблемы функционирования аппаратного комплекса и выставляет общий статус системы. Если все запросы укладываются в отведенное время, то выставляется положительный статус, иначе выставляется отрицательный статус. По общему статусу можно определить, необходимо ли внешнее вмешательство в работу системы: замена компонентов, увеличение ресурсов и пр.

Важно отметить, что каждый последующий уровень контролирует предыдущие. Под контролем понимается доступ к информационным параметрам управления предыдущими уровнями.

Для обмена информацией между уровнями и запросами была разработана концепция краткосрочной и долгосрочной памяти. Пути мышления работают с краткосрочной памятью и модифицируют данные в ней. После успешной обработки запроса память переписывается в долгосрочную и сохраняется уже в общей базе знаний. Таким образом, в базу знаний попадает только апробированная информация, исключая ошибки нахождения неверного решения.

Модель данных системы является семантической сетью, построенной над нереляционной базой данных [9], и описывает «знания» системы: решения, проблемы, пути мышления, критики, селекторы и т. д. Таким образом критики, селекторы, пути мышления могут быть «приобретенными знаниями».

Необходимо отметить возможность обучения системы. Как и концепция долгосрочной и краткосрочной памяти, обучение системы является нашим расширением модели мышления Мински. На начальном этапе система содержит базовые концепции: объект, действие. С помощью обучения в систему можно ввести новые концепции. Обучение также проводится на естественном языке. Например, «веб-браузер – это объект. Firefox – это веб-браузер». Теперь система знает две новых концепции – веб-браузер и Firefox, а также то, что Firefox – это веб-браузер.

Модель Мински является важным постулатом системы, но лишь небольшой ее частью – нами разработаны архитектура, а также важные теоретические и концептуальные системы. В рамках проведенного исследования модель была дополнена и расширена специальными уровнями мышления, критиками, селекторами. Практическое применение системы весьма обширно и может служить как для обработки запросов поддержки пользователей, так и электронным помощником – при обучении – и вспомогательным компонентом системы – для взаимодействия с пользователями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам анализа функциональности всех построенных интеллектуальных вопросно-ответных систем была выбрана та из них, которая базируется на модели мышления Марвина Мински: она дала наиболее оптимальное сочетание возможности прикладной реализации и учета универсальной гибкости человеческого мышления. Иными словами, модель не копирует процесс человеческого мышления, а дает возможную его интерпретацию, тем самым позволяя реализовать ее в условиях ограниченных вычислительных ресурсов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке программы НИЛ OpenLab Высшей школы информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Wikipedia*. Virtual assistant. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_personal_assistant.
2. *Тощев А.С., Таланов М.О.* Результаты обработки инцидентов. URL: <http://tu-project.com/for-business/>.
3. *Russel S., Norvig P.* Artificial intelligence. An modern approach. Willams, 2007. 1408 p.
4. *Deng H., Runger G., Tuv E.* Bias of importance measures for multi-valued attributes and solutions // Proceedings ICANN'11 Proceedings of the 21st international conference on Artificial neural networks. 2011. Part II. P. 293-300.

5. *Lesly L.* OWL: Representing information using the Web Ontology Language. — 47403, Blumington, Liberty drive 1663: Trafford publishing, 2005. 302 p.

6. *Wang P.* Non-axiomatic logic a model of intelligent reasoning. USA: World Scientific Publishing Company, 2013. 276 p.

7. *Maxim Talanov, Aidar Makhmutov, Andrei Krekhov.* Automating programming via concept mining, probabilistic reasoning over semantic knowledge base of SE domain // 2010 6th Central and Eastern European Software Engineering Conference (CEE-SECR) Russian Federation, Moscow, 13–15 October 2010. P. 30-35.

8. *Minsky M.* The emotion machine. Simon & Shuster Paperbacks, 2007. 400 p.

9. *Wikipedia.* NoSQL databases. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/NoSQL>.

APPLICATION OF THINKING MODEL IN INTELLECTUAL QUESTION-ANSWER SYSTEMS

A.S. Toshev

High School of Information Technology and Information Systems of Kazan Federal University

atoshev@kpfu.ru

Abstract

We described an evolution of thinking model in application with building intellectual question-answer system for automation processing user requests in natural language, starting with simple decision trees and finished with human thinking model. Every model has been developed, prototyped and tested. Experimental data and conclusions for every model provided.

Keywords: *artificial intelligence, machine learning, system analysis, machine thinking, natural language processing, decision trees*

REFERENCES

1. *Wikipedia*. Virtual assistant. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_personal_assistant.
2. *Toshev A., Talanov M.* Incident request processing analysis. URL: <http://tu-project.com/for-business/>.
3. *Russel S., Norvig P.* Artificial intelligence. An modern approach. Willams, 2007. 1408 p.
4. *Deng H., Runger G., Tuv E.* Bias of importance measures for multi-valued attributes and solutions // Proceedings ICANN'11 Proceedings of the 21st international conference on Artificial neural networks. 2011. Part II. P. 293-300.
5. *Lesly L.* OWL: Representing information using the Web Ontology Language. — 47403, Blumington, Liberty drive 1663: Trafford publishing, 2005. 302 p.
6. *Wang P.* Non-axiomatic logic a model of intelligent reasoning. USA: World Scientific Publishing Company, 2013. 276 p.
7. *Maxim Talanov, Aidar Makhmutov, Andrei Krekhov.* Automating programming via concept mining, probabilistic reasoning over semantic knowledge base of SE domain // 2010 6th Central and Eastern European Software Engineering Conference (CEE-SECR) Russian Federation, Moscow, 13–15 October 2010. P. 30-35.
8. *Minsky M.* The emotion machine. Simon & Shuster Paperbacks, 2007. 400 p.
9. *Wikipedia*. NoSQL databases. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/NoSQL>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



ТОЩЕВ Александр Сергеевич – аспирант Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ), младший научный сотрудник Лаборатории машинного понимания Высшей школы информационных технологий и информационных систем КФУ.

Alexander Sergeevich TOSCHEV, received MS degree in mathematics and economics from Kazan Federal University (2011). Currently is a graduate student at the N.I. Lobachevskii Institute of Mathematics and Mechanics of Kazan Federal University. Current scientific interests: data mining, artificial intelligence, machine learning.

email: atoshev@kpfu.ru

Материал поступил в редакцию 15 мая 2015 года

УДК 004.8

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭМОЦИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

М.О. Таланов¹, А.С. Тощев²

^{1,2}Высшая школа информационных технологий и информационных систем
Казанского (Приволжского) федерального университета

¹max.talanov@gmail.com, ²atoshev@kpfu.ru

Аннотация

Проведено исследование эмоций в различных аспектах: философском, психологическом и нейрофизиологическом; с их учетом описана созданная когнитивная архитектура. На основе «куба эмоций» Левхайма, «колеса эмоций» Плутчика, «теории аффектов» Томкинса и модели мышления Мински охарактеризовано использование эмоций как факторов влияния на вычислительный процесс компьютера. Указаны также возможности использования эмоций в интеллектуальных вопросно-ответных системах.

Ключевые слова: искусственный интеллект, виртуальный помощник, социальный агент, эмоции, модели мышления, вычислительные эмоции.

ВВЕДЕНИЕ

В области искусственного интеллекта важными являются понимание и изучение естественного (т. е. человеческого) интеллекта. Как отмечает Розалинд Пикард [1], возможно, есть и более совершенный интеллект, который достигает своего максимального уровня, когда использует лишь эмоции, но, к сожалению, мы о нем пока не знаем. До сих пор мы не можем в полном объеме объяснить креативность, интуицию и чутье, например, не можем ответить на вопрос, как Дэвид Линч смог создать фильм «Малхолланд драйв». Исследование вычислительных аффектов становится все более важным разделом современного искусственного интеллекта (отметим, что по одному из известных определений аффект (лат. *Affectus* – переживание, душевное волнение, страсть) – это термин философии и

психологии, означающий относительно кратковременное, сильно и бурно протекающее эмоциональное переживание; под вычислительным аффектом понимают смоделированный процесс возникновения аффекта). Возможно, достижения в этой области помогут смоделировать сознание. Исследование вычислительных аффектов идет во многих направлениях: в психологии [2, 3]; нейропсихологии [4, 5]; информационных технологиях [6–8].

А. Тюринг [9] отмечает, что идея построения умной машины больше базируется на исследовании эмоций, нежели чем на построении математической модели. Рациональное мышление тесно связано с эмоциями, например, М. Мински [10] подчеркивает, что эмоции неотделимы от мышления: по его мнению, чтобы взглянуть на проблему под другим углом, необходимо испытать раздраженность и отвлечься, иначе мы просто не сможем решить эту проблему. А. Дамасио [11] выделяет два типа результатов работы эмоций: выражение эмоции как таковой, например, злости, радости, и использование опыта от испытанных эмоций для последующих размышлений, например, мы поняли, что от какого-то действия испытали злость, и поэтому в следующий раз не будем совершать это действие. С другой стороны, современные роботы, как пишут Т. Земке и Р. Лов [12], совершенно не испытывают потребности в эмоциях для решения своих задач, но роботы, с которыми общается человек, должны выражать эмоции хотя бы во время такого общения.

Настоящая статья ставит целью построение модели использования эмоций в современных вычислительных системах, которая учитывает активность моноаминовых нейромодуляторов человеческого мозга. Предварительно мы проанализировали результаты нескольких проведенных исследований [13–15]. Отметим, что наиболее полный обзор имеющихся результатов представлен в [15], на них базируется наша модель. В ней сопоставлено влияние моноаминов (допамина, серотонина, норадреналина), которые задействованы в человеческом мозге, на вычислительные процессы (питания, памяти, обучения, хранения, принятия решений). Построенная модель может служить базой программного комплекса по анализу эмоциональной окраски различных видов деятельности и использоваться в таких областях, как реклама (понимание того, как принимается реклама); моделирование эмоционального поведения; робототехника; виртуальные помощники; предсказание человеческого поведения.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Чтобы понять низкоуровневую организацию эмоций, базирующуюся на нейрохимических реакциях, мы начали исследование с обзора моделей эмоций, существующих в психологии, и полученную структуру процессов эмоций человека представили в разрезе различных областей науки: нейронаук, психологии, искусственного интеллекта. Сразу стало понятной необходимость проведения исследований в сопряженных областях. Основным вопросом оставалось понимание того, как эмоции запускаются. Для ответа на него мы обратились к гипотезе Левхайма о том, что эмоции запускают нейромодуляторы [16]. Теория Левхайма в свою очередь базируется на «теории аффектов» Томкинса [17]. Кроме того, в своей модели мы также сделали попытку синтеза модели мышления Мински [10] и названных выше моделей эмоций.

ВЛИЯНИЕ ЭМОЦИЙ

Р. Плутчик [2] создал модель трех измерений, названную им «колесом эмоций». В ней он описал 8 базовых эмоций, сгруппированных в пары: радость – грусть; ярость – страх; приятие – отвращение; удивление – разочарование. Кроме того, Р. Плутчик описал процесс влияния эмоций виде следующей последовательности событий: 1) стимулирующее событие; 2) ожидание реакции; 3) ощущение; 4) физиологическое возбуждение; 5) импульс к действию; 6) совершение действия; 7) влияние действия. Эту модель мы использовали, чтобы описать восприятие эмоций.

Процесс работы эмоций можно описать как гомеостатический процесс, который стремится к равновесию [16]. Эмоции могут влиять на мышление, как и мышление – на эмоции. Шаги 3) и 4) в приведенной выше последовательности могут идти параллельно. Мы попытались отразить процессы влияния эмоций на уровнях модели мышления Мински: скомбинировали шаги 2), 3) и 4) в аффективную оценку (инстинктивную, над которой мы не властны и которая работает автоматически); отдельно в процесс влияния эмоций была добавлена когнитивная оценка (оценка влияния эмоций, полученная в ходе их осмысления). Возможность отделения когнитивной оценки от аффективной была продиктована физиологическим поступлением нейромодуляторов в мозг: из спинального корда в гипоталамус, далее – в миндалины, потом – в кортекс и лобную долю [4].

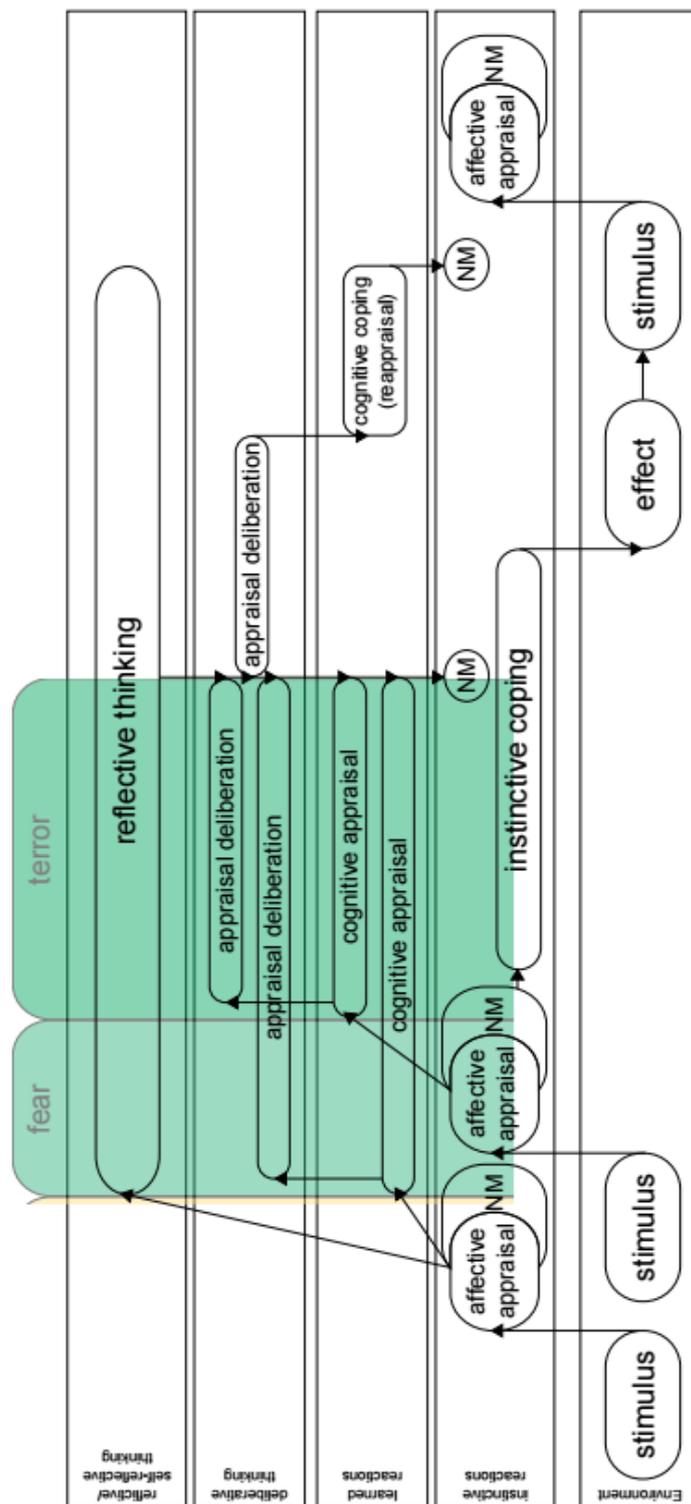


Рис. 1. Схема модели эмоций

На рис. 1 представлена схема функционирования, заложенная в модель: с внешнего уровня (environment) поступает сигнал (раздражитель), который переключает эмоциональное состояние из спокойствия (не закрашенная часть диаграммы) в испуг (fear) (зеленый цвет); далее включается аффективная оценка (ее можно сравнить с безусловным рефлексом) на уровне инстинктивных реакций (instinctive reaction – из модели мышления Мински), здесь сразу же возможна реакция, которая возвращает процесс обратно на внешний уровень (например, одернули руку); в это время происходит еще одно внешнее событие, которое переключает эмоциональное состояние в страх (terror), которой запускает еще один параллельный процесс работы эмоций; затем включается когнитивная оценка, которая задействует имеющийся опыт (это происходит на уровне learned reaction – обученных реакций – согласно модели Мински), здесь же опять возможно возвращение на предыдущий уровень с известным поведением (например, испугались собаки и решили ее обойти); далее сигнал передается на уровень размышлений, где мы обдумываем свою эмоциональную оценку события; на уровне рефлексии мы оцениваем эмоциональное состояние как слишком возбужденное, останавливаем все процессы и переключаем состояние из страха в испуг (успокаиваемся). В то же время реакция (внешний ответ на воздействие) может привести еще к одному циклу реакций на эмоции (например, одернув руку, ударились). Постепенно процесс затухает, подобно кругам на воде.

Далее рассмотрим модель работы искусственных эмоций в сравнении с механизмами их естественного запуска.

МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЭМОЦИЙ

Х. Левхайм [16] предложил представление эмоций в виде проекций на три оси, которые в данном случае являются моноаминами: серотонином, дофамином и норадреналином. Используя оси как векторный базис, он представил группы эмоций из теории Томкинса [17] как проекции на координатные оси, выразив тем самым эмоции как степени концентрации трех моноаминов. Например, страх – это максимальная концентрация дофамина при минимальной концентрации серотонина и норадреналина. Мы объединили подходы названных теорий и связали проекции моноаминов с параметрами вычислительной системы в сфере информационных технологий. Результат представлен на рис. 2.

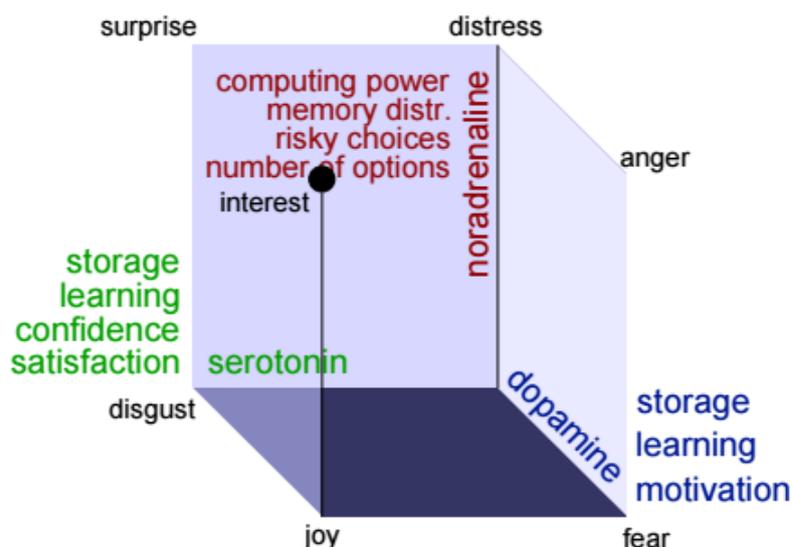


Рис. 2. Объединенная модель эмоций

Для удобства разобьем каждую из осей на три деления, где 0 – начало координат, 3 – высшая точка (максимальная концентрация моноамина). Обозначим координаты в виде (X, Y, Z) , где X – дофамин, Y – норадреналин, Z – серотонин. В точке $(0, 3, 0)$ человек испытывает ощущение бедствия, когда произошло что-то очень страшное и непоправимое, и он максимально сконцентрирован на этом событии. В мозге норадреналин (NE) играет роль увеличения внимания, действия. Мы сопоставили с таким влиянием мощность вычислений компьютера (computing power) и выделение оперативной памяти (memory distr.). Кроме того, с точки зрения процесса выбора предпочтение в интеллектуальной системе будет отдаваться более рискованным вариантам (risky choices, number of choices).

При высокой концентрации серотонина (в точке $(0, 0, 3)$ – serotonin) человек испытывает спокойное и радостное состояние. В человеческом организме серотонин отвечает за регуляцию поведения, сон, обучение, общение – за все, что мы делаем в спокойном состоянии. Следует обратить внимание, что в состоянии стресса $(3, 3, 0)$ человек практически не может адекватно мыслить и работает на «инстинктах». Серотонин играет важную роль в контроле агрессии. С точки зрения вычислительных систем это может быть выражено выделением хранилища данных, так как в это время проходят обучение и анализ опыта. В интеллектуальной системе это может быть регуляцией процесса обучения, т. е. при уровне $(0, 0, 3)$

система находится на пике накопления данных. С другой стороны, вся фактическая информация, которая поступает в этот момент, будет восприниматься с максимальной уверенностью. Например, видный ученый в области теории струн объясняет нам ее постулаты, а мы, как губка, принимаем все факты на веру как мнение авторитетного эксперта.

Рассмотрим третий компонент модели – дофамин (dopamine), координаты его максимальной концентрации (3,0,0). У человека этот гормон отвечает за активацию моторных функций. Максимальная концентрация наступает, когда человек испытывает страх. Интересно его сочетание с другими моноaminaми, например, в точке (3,3,0) человек испытывает ярость (это состояние также называется состоянием аффекта), а вот точка (3,3,3) – это состояние эйфории. Обратите внимание: если вы когда-нибудь с любимым человеком ходили в парк аттракционов, то часто называли этот день «самым лучшим». С точки зрения физиологических процессов вы находились в состоянии (3,3,3) и ваш мозг четко ассоциировал это состояние с обстоятельствами, в которых вы находились, и человеком, с которым были рядом. С точки зрения вычислительной системы этот моноамин может служить регулятором выделением памяти (storage), так как в этом состоянии необходимо быстро принимать решения. Кроме того, в точке (3,0,3) человек воспринимает происходящее как награду, и его мотивация что-то делать становится максимальной. Таким образом, в интеллектуальной системе этот компонент может управлять степенью мотивации (motivation).

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ

Модель действий эмоций тесно связана с системой поощрения человека [10, 4]. Например, мы испытываем эмоцию, когда нас за что-то хвалят или же мы мотивированны что-то сделать. Встречается также термин «нематериальная мотивация» – поощрение при помощи похвалы, признательности, подчеркивания значимости. Описанную выше модель можно применить для более детального исследования человеческих эмоций. Например, можно смоделировать поведение мозга мелкого млекопитающего и посмотреть, как влияют эмоции на его поведение. Такое моделирование поможет проверить жизнеспособность описанной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен подход к анализу использования эмоций в интеллектуальных системах, основанный на исследовании механизма работы эмоций в организме человека и реализующий упрощенную модель процессов, которые происходят в человеческом мозгу. На основе анализа активаторов эмоций построена модель, которая активирует тот или иной ресурс в вычислительных системах или процесс в интеллектуальных системах. Одним из возможных применений модели является подкреплённое эмоциями обучение, т. е. активация обработки фактов, базирующаяся на эмоциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Picard R.W.* Affective computing: challenges// International Journal of Human-Computer Studies. 2003. V. 59. P. 55-64.
2. *Plutchik R.* The nature of emotions// American Scientist. 2001. V. 89, No 4. P. 344-350.
3. *Roseman I.* Appraisal determinants of emotions: constructing a more accurate and comprehensive theory// Cognition & Emotion. 1996. V. 10, No 3. P. 241-278.
4. *Arbib Mi., Fellous J.-M.* Emotions: from brain to robot// Trends in Cognitive Sciences. 2004. V. 8, No 12. P. 554-559.
5. *Berridge K.C., Robinson T.E.* Parsing reward// Trends in Neurosciences. 2003. V. 26, No 9. P. 507-510.
6. *Breazeal C.* Emotion and sociable humanoid robots// International Journal of Human-Computer Studies – Application of affective computing in human – Computer interaction. 2003. V. 59, Issue 1-2. P. 119-155.
7. *Cambria E., Hussain A.* Sentic computing. Techniques, tools, and applications. Springer, 2012. 146 p.
8. *Cambria E., Livingstone A., Hussain A.* Cognitive behavioral systems. Chapter The Hourglass of Emotions. Springer, 2012. P. 144-157.
9. *Turing A.M.* Intelligent machinery. In B.J. Copeland, editor: The Essential Turing: the ideas that gave birth to the Computer Age. Oxford: Clarendon, 2004. 411 p.
10. *Minsky M.* The emotion machine. Simon & Shuster Paperbacks, 2007. 400 p.

11. *Antonio R. Damasio*. Emotion in the perspective of an integrated nervous system// *Brain Research Reviews* 26 1998. V. 26. P. 83-86.

12. *Tom Ziemke, Robert Lowe*. On the role of emotion in embodied cognitive architectures: from organisms to robots// *Cogn. Comput.* 2009. V. 1. P. 104-117.

13. *Stacy Marsella, Jonathan Gratch, Paolo Petta*. Computational models of emotion. In K.R. Scherer, T. Bnziger, E. Roesch (Es.). *A blueprint for a affective computing: a sourcebook and manual (Series in Affective Science)*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

14. *Jerry Lin, Marc Spraragen, Michael Zyda*. Computational models of emotion and cognition// *Advances in Cognitive Systems*. 2012. V. 2. P. 59-76.

15. *Jonathan Gratch, Stacy Marsella*. Evaluating a computational model of emotion// *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 2005. V. 11. P. 23-43.

16. *Hugo Lovheim*. A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters// *Med Hypotheses*. 2012. V. 78, No 2. P. 341-348.

17. *Silvan S. Tomkins*. *Affect imagery consciousness. Volume I. The positive affects*. New York: Springer Publishing Company, 1962.

CALCULATED EMOTIONS MODEL IN INTELELCTUAL SOFTWARE SYSTEMS

M.O. Talanov¹, A.S. Toshev²

^{1,2}*High School of Information Technology and Information Systems
of Kazan Federal University*

¹max.talanov@gmail.com, atoshev@kpfu.ru²

Abstract

We have studied emotions in various aspects: philosophical, psychological and neurophysiological; taking them into account cognitive architecture has been described. Based on Lovheim "Emotion Cube", "Wheel of emotions" by Plutchik, Tomkins "Theory of affects" and Marvin Minsky thinking model we describe usage of emotions as influence factors for computing processes. Also indicated the possibility of using emotions in intelligent question-answer systems.

Keywords: *artificial intelligence, virtual assistant, social agent, emotions, thinking models, calculated emotions*

REFERENCES

1. *Picard R.W.* Affective computing: challenges// *International Journal of Human-Computer Studies*. 2003. V. 59. P. 55-64.
2. *Plutchik R.* The nature of emotions// *American Scientist*. 2001. V. 89, No 4. P. 344-350.
3. *Roseman I.* Appraisal determinants of emotions: constructing a more accurate and comprehensive theory// *Cognition & Emotion*. 1996. V. 10, No 3. P. 241-278.
4. *Arbib Mi., Fellous J.-M.* Emotions: from brain to robot// *Trends in Cognitive Sciences*. 2004. V. 8, No 12. P. 554-559.
5. *Berridge K.C., Robinson T.E.* Parsing reward// *Trends in Neurosciences*. 2003. V. 26, No 9. P. 507-510.
6. *Breazeal C.* Emotion and sociable humanoid robots// *International Journal of Human-Computer Studies – Application of affective computing in human – Computer interaction*. 2003. V. 59, Issue 1-2. P. 119-155.
7. *Cambria E., Hussain A.* Sentic computing. Techniques, tools, and applications. Springer, 2012. 146 p.
8. *Cambria E., Livingstone A., Hussain A.* Cognitive behavioral systems. Chapter The Hourglass of Emotions. Springer, 2012. P. 144-157.
9. *Turing A.M.* Intelligent machinery. In B.J. Copeland, editor: *The Essential Turing: the ideas that gave birth to the Computer Age*. Oxford: Clarendon, 2004. 411 p.
10. *Minsky M.* The emotion machine. Simon & Shuster Paperbacks, 2007. 400 p.
11. *Antonio R. Damasio.* Emotion in the perspective of an integrated nervous system// *Brain Research Reviews* 26 1998. V. 26. P. 83-86.
12. *Tom Ziemke, Robert Lowe.* On the role of emotion in embodied cognitive architectures: from organisms to robots// *Cogn. Comput.* 2009. V. 1. P. 104-117.
13. *Stacy Marsella, Jonathan Gratch, Paolo Petta.* Computational models of emotion. In K.R. Scherer, T. Bnziger, E. Roesch (Es.). *A blueprint for a affective computing: a sourcebook and manual (Series in Affective Science)*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

14. *Jerry Lin, Marc Spraragen, Michael Zyda*. Computational models of emotion and cognition// *Advances in Cognitive Systems*. 2012. V. 2. P. 59-76.

15. *Jonathan Gratch, Stacy Marsella*. Evaluating a computational model of emotion// *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 2005. V. 11. P. 23-43.

16. *Hugo Lovheim*. A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters// *Med Hypotheses*. 2012. V. 78, No 2. P. 341-348.

17. *Silvan S. Tomkins*. Affect imagery consciousness. Volume I. The positive affects. New York: Springer Publishing Company, 1962.

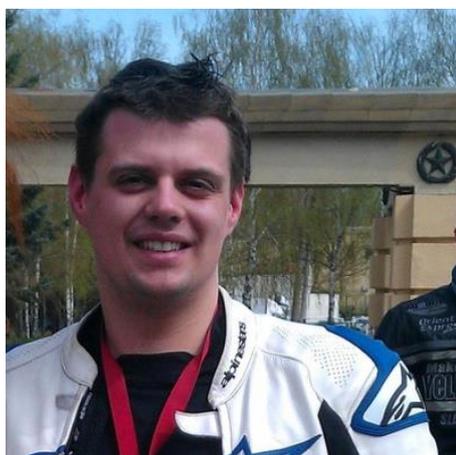
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ТАЛАНОВ Максим Олегович – кандидат технических наук, руководитель Лаборатории машинного понимания Высшей школы Информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ).

Maxim Olegovich TALANOV, PhD, head of Machine Cognition Lab in Higher Institute of Information Technology in Kazan (Volga region) Federal University.

email: max@machine-cognition.org



ТОЩЕВ Александр Сергеевич – окончил Казанский Федеральный университет по специальности экономист-математик в 2011 году. В данный момент является аспирантом Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского КФУ и младшим научным сотрудником Лаборатории машинного понимания Высшей школы Информационных технологий и информационных систем КФУ. Области интересов: обработка данных, искусственный интеллект, машинное обучение.

Alexander Sergeevich TOSHEV, received MS degree in mathematics and economics from Kazan Federal University (2011). Currently is a graduate student at the N.I. Lobachevskii Institute of Mathematics and Mechanics of Kazan Federal University and young researcher at Machine Cognition Laboratory. Current scientific interests: data mining, artificial intelligence, machine learning.

email: atoshev@kpfu.ru

Материал поступил в редакцию 25 мая 2015 года

УДК 004.5

ПРОБЛЕМА КОРРЕКТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМИНОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

Е.В. Разувалова¹, К.А. Руденко²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет; ²Казанский государственный институт культуры

¹ekaterina.razuvalova@gmail.com, ²murziha@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены проблемы соотношения и взаимодействия двух терминов, используемых при реконструкции исторической среды, – визуализация и виртуализация. Рассмотрена история их образования и формирования, а также сделаны выводы по более корректному их использованию. Важно помнить, что визуализация различной информации была за долго до изобретения компьютера и создания 3D-платформ. Человечество давно использует цифры, тексты, картины, зарисовки, макеты для наглядного представления данных, превращая их в визуальные элементы. Это неотъемлемая часть повседневной жизни современного человека.

Ключевые слова: *визуализация, виртуализация, компьютерная реконструкция, визуальная модель, виртуальный мир*

ВВЕДЕНИЕ

Современные направления применения компьютерных технологий в музеях, археологии, при реконструкции объектов, обладающих культурно исторической ценностью, в настоящее время находятся в стадии становления. Формируется новый специфический лексикон, в связи с этим появляется огромное множество слов и словосочетаний, основанных на двух наиболее часто употребляемых исходных терминах – «визуальный» и «виртуальный». Они же дают и различные словообразования: «виртуальная реконструкция», «виртуальная археология», «виртуальный музей», «виртуальное наследие», «виртуальная модель», «виртуальное пространство», «визуальная модель», «визуальная реконструкция», «визуальная история» и так далее. Применение новой терминологии, связанной с визуальными и виртуальными реконструкциями, требует полного осознания как са-

мого понятия «термин», так и базовых для новых областей знания понятий «визуализация» и «виртуализация». Если применять эти термины к «визуальной реконструкции» и «виртуальной реконструкции», то для начала разберемся в понятии «термин».

В.П. Даниленко в монографии, посвященной терминологической лексике русского языка, приводит 19 определений понятия «термин» из разных научных источников, относящихся к 1940–1970-м годам [1, с. 83-86]. Из этих определений наиболее точно нашему пониманию слова «термин» подходит определение Б.Н. Головина (О некоторых проблемах изучения терминов. Вестник МГУ, №5, 1972): «Термин – это слово или словосочетание (образованное на базе подчинительных связей), имеющее профессиональное понятие, которое применяется в процессе (и для) познания, освоения некоторого круга объектов и отношений между ними – под углом зрения определенной профессии».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

«Визуализация» согласно «Толковому словарю иноязычных слов» это представление физического явления или процесса в форме, удобной для зрительного восприятия [2], представления данных в виде изображений, с целью максимального удобства их понимания, придания зримой формы любому мыслимому объекту, субъекту, процессу и т. д. Основа слова – “visual” (от англ. – зрительный, относящийся к зрению, воспринимаемый зрением, визуальный, осуществляемый с помощью зрения, видимый, зримый, осязаемый, изобразительный, наглядный, оптический) [3] и “vision” (от англ. – «зрение, проницательность, предвидение; дальновидность, вид, зрелище, видение, мечта; образ, представление, взгляд, изображение (на телеэкране) [4]) – база его смыслового наполнения, определяющая границы действия термина.

Важно помнить, что визуализация различной информации осуществлялась за долго до изобретения компьютера и создания 3D-платформ. Человечество давно использует цифры, тексты, картины, зарисовки, макеты для наглядного представления данных, превращая их в визуальные элементы. Это неотъемлемая часть повседневной жизни современного человека. Некоторые визуальные компоненты (рисунок, текст, цифры, макеты) работают лучше в группе, чем по отдельности. Их комбинаторное применение варьируется и зависит от конкретного

набора информации. Комбинация, ошибочная для визуализации одних данных, может оказаться идеально подходящей для другой. Так, французские коммивояжеры использовали для визуальной наглядности предлагаемых ими автомобилей и сельхозтехники маленькие искусно сделанные масштабные модели. Таким образом, пословица «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать» как ничто лучше подтверждает и тот факт, что основная часть людей (60%), по исследованиям специалистов нейролингвистического программирования (НЛП), воспринимает информацию, основываясь на визуальных образах, – визуалы, лишь затем идут те, кто воспринимают мир через слух, – аудиалы, и незначительная часть людей воспринимает мир через ощущения – кинестетики. Также есть те, кто воспринимает мир через цифры, логическое осмысление – дигиталы [5]. Передача информации без потери смысловых значений – главная задача визуализации. Так, описательная информация в тексте займет много места, тогда как её визуализация (построение визуального ряда) может быть более точной и детальной, оставаясь при этом емкой и лаконичной.

На первых ЭВМ, созданных в 1950-х годах, под визуализацией понимался любой вывод данных (буквы, цифры) на ленту, лист АЦПУ или экран. Согласно ГОСТ 27459-87 [6], визуализация – это представление данных. Со временем появилось понятие «компьютерная визуализация», что означает перевод абстрактных данных об объекте в геометрические образы, создание двух- и трехмерного (объемного) изображения объекта с последующим его наблюдением и возможностью его анализировать. Постепенно графический результат, такой, как рисование двухмерной графики (простое изображение объекта) или трехмерная проекция (трехмерная модель), стал основным в понимании визуализации. В начале 1990-х число людей, подключенных к Сети, значительно выросло, а отдельные информационные сети начинают объединяться. Знаковым событием стало произошедшее в 1993 году в Иллинойском университете (США) внедрение ряда разработок, позволивших упростить систему пользования сетью и ввести мультимедийные возможности.

Условно компьютерную визуализацию можно разделить на четыре составляющие: схематичное изображение, двухмерное изображение, трехмерная графика (визуализация) и анимация (анимированная визуализация).

К схематичным изображениям относятся логотипы, графика, товарные знаки, для их создания используют Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, CorelDRAW и пр.

Для создания двухмерной графики используют весь спектр художественных приемов, а также фотографии и те же программы.

Трёхмерная графика дает возможность рассмотреть объект в различных ракурсах, поворачивая в разные стороны, применить различные текстуры и источники света (3D Max, SketchUp).

Анимированная визуализация позволяет демонстрировать не только внешний вид и качественные характеристики объекта, но представить его в пространстве, непрерывно демонстрируя его со всех сторон (3D Max, Maya).

В компьютерной среде термин «визуализация» используется в основном для 3D-моделирования объектов, а специалистов, создающих модели, обычно называют визуализаторами. Моделями могут быть созданные в трёхмерной графике интерьеры, художественные изделия, здания или целые города, а иногда планеты и миры. Тем не менее, понятие «визуализация» является более широким и не ограничивается только 3D-визуализацией, а применяется и в математике, физике, химии, картографии. Таким образом, слово «визуализация» широко используется в различных, прямых и переносных значениях, в частности:

в прямом смысле:

- визуализация в компьютерной технике в настоящее время описывается словом «рендеринг»;
- визуализация в ГИС – это процесс проектирования и генерации изображений на устройствах отображения, преобразование цифровых данных в изображение на основе определённых правил и алгоритмов;

в переносном значении слово «визуализация» употребляется также:

- в психотерапии («методики визуализации — психотерапевтические приемы, направленные на воссоздание и управление зрительными образами во внутреннем пространстве клиента»; ... механизмы визуализации рассматриваются в контексте теоретических моделей гипноза, трансперсональной психологии, др.);
- в эзотерической литературе, в значении т. н. «медитации на Будда-аспект» («человек создает умственный образ этого аспекта со всеми

его атрибутами; даже если не возникает зрительных картин, человек знает о значении и внешнем виде атрибутов») [7].

Итак, под визуализацией мы понимаем изображение различных форм, предметов или объектов, явлений, выраженных в зримой форме. Выраженные таким образом предметы и явления «останавливаются» во времени, они неизменны, константны, дают нам сиюминутное представления, они способны влиять на наше эмоциональное состояние.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИРТУАЛИЗАЦИИ

Термин «виртуализация» (виртуальный), как и визуализация, берет свое начало до изобретения компьютера, он использовался философами еще со времен средневековья, но сегодня в большинстве случаев этот термин связан с компьютерной отраслью: слово *virtuals* – латинского происхождения, производное от слова *virtus*, что означает стойкость, силу, мужество; потенциальный; возможный, такой, который может проявиться при определенных условиях; энергию, а также мнимый, воображаемый. Согласно «Толковому словарю иноязычных слов» [8], виртуальный – это не имеющий физического воплощения или отличающийся от реального, существующего. Виртуальность можно определить как нечто, имеющее все характеристики конкретной вещи, но формально не являющееся этой вещью [9].

Компьютерная виртуальность зародилась достаточно давно (в 1960-х годах), изначально в качестве средства для расширения размеров оперативной памяти компьютеров. Но влияние писателей-фантастов расширило это явление, уведя в другое «измерение». В 1964 году Станислав Лем в своей книге «Сумма технологии» под термином «*фантомология*» описывает задачи и суть ответа на вопрос «как создать действительность, которая для разумных существ, живущих в ней, ничем не отличалась бы от нормальной действительности, но подчинялась бы другим законам?».

Первая система виртуальной реальности появилась в 1962 году, когда Мортон Хейлиг (англ. *Morton Heilig*) представил первый прототип мультисенсорного симулятора, который он называл «Сенсорамма» (*Sensorama*). Сенсорамма погружала зрителя в виртуальную реальность при помощи коротких фильмов, которые

сопровождались запахами, ветром (при помощи фена) и шумом мегаполиса с аудиозаписи.

В 1967 году Айвен Сазерленд (англ. *Ivan Sutherland*) описал и сконструировал первый шлем, изображение на который генерировалось при помощи компьютера. Шлем Сазерленда позволял изменять изображения соответственно движениям головы (зрительная обратная связь). Первой реализацией виртуальной реальности считается «Кинокарта Аспена» (*Aspen Movie Map*), созданная в Массачусетском технологическом институте в 1977 году. Эта компьютерная программа симулировала прогулку по городу Аспен, штат Колорадо, давая возможность выбрать между разными способами отображения местности. Летний и зимний варианты были основаны на реальных фотографиях.

В 1989 году Джарон Ланьер ввёл более популярный ныне термин «виртуальная реальность». В фантастической литературе поджанра киберпанк виртуальная реальность есть способ общения человека с «киберпространством» – некой средой взаимодействия людей и машин, создаваемой в компьютерных сетях [10].

По мнению Д. Дойча, виртуальная реальность – это не просто технология моделирования поведения физических сред с помощью компьютеров, но и возможность существования новой реальности — за счет выражения ее структуры. Это основа не только вычислений, но и человеческого воображения, внешних ощущений, науки и математики, искусства и вымысла [11]. Поскольку мы ощущаем окружающий нас мир с помощью наших чувств, любая виртуальная среда должна обладать способностью манипулировать этими чувствами, доминируя над их нормальным функционированием, чтобы мы могли почувствовать определенный окружающий мир. Иными словами, виртуальная реальность относится к любой ситуации, когда искусственно создается ощущение пребывания человека в определенной среде.

В Центре виртуалистики ИЧ РАН под руководством Н.А. Носова рассматривают виртуальность как некую реальность со своими определенными качествами: порожденность, актуальность, автономность, интерактивность:

- порожденность – это зависимость, вторичность виртуальности от активной внешней среды; при этом порожденность может быть относительной – виртуальная реальность может породить виртуальную реальность следующего

уровня, став относительно нее константой реальностью, – и так в принципе до бесконечности;

- актуальность – виртуальная реальность существует в режиме «здесь и сейчас» только тогда, когда активна порождающая среда;
- автономность – наличие в виртуальной реальности своих пространства, времени и законов существования;
- интерактивность – возможность быть участником процесса, а также иметь возможность влиять на этот процесс [12].

Еще один термин, связанный с понятием «виртуальность», – это «дополненная реальность», или Augmented reality (AR), результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации. Впервые был предложен сотрудником научного центра компании Boeing Томом Кордалом в 1990 году, хотя история самого метода началась в 1960-х годах с первых экспериментов со шлемами виртуальной реальности (1966) и построения простых трёхмерных моделей в реальном времени. Существуют компьютерные игры, производящие обработку видеосигнала с камеры и накладывающие на изображение окружающего мира дополнительные элементы. В современном мире игры дополненной реальности получили широкое распространение на смартфонах и планшетах, а также игровых приставках [13].

Сегодня технологии позволяют воспринять виртуальный мир достаточно ощутимо не только визуально, но и погрузиться в него для более сильных контакта и взаимосвязи. Мы можем почувствовать себя частью исследуемого мира, оторваться от реальности, за счет работы всех органов чувств: зрение, слух, обоняние, тактильные ощущения. Возможно симулировать практически любые реальные условия, ситуации, смоделировать жизненный цикл того или иного мира [14].

Виртуальный мир – это новая форма отношений, способ действия и перемещения в пространстве, действенное средство выражения экспрессии. Благодаря этому под виртуализацией мы понимаем некое созданное пространство со своими правилами, явлениями и временем (время как характеристика пространства «растворяет» предмет во времени, а его состояние становится пространственным, даря способность существовать отдельно от реального мира и стать моделью).

В научно-исследовательской лаборатории «Информационные технологии и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия», организованная при Институте международных отношений, истории и востоковедения Казанского федерального университета в рамках программ повышения конкурентоспособности по инициативе фонда «Наследие Татарстана», входящего в ЮНЕСКО, разработан проект историко-культурной геоинформационной системы Болгарское городище и прилегающие территории «Великий Болгар». Цель подобной работы – решение актуальной проблемы взаимодействия современного человека (посетителя виртуального города-музея) с исторической средой, воссозданной в виртуальном пространстве на основе документально подтвержденных данных. Многомерное восприятие культурной ценности пространства исторического городища позволяет посетителю виртуального музея осознать себя как единое целое с древним миром Болгар [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как же лучше и правильней использовать два этих понятия («визуализация» и «виртуализация»), учитывая то, что они в некоторых случаях не только близко граничат, но и часто взаимозаменяем друг друга? Если мы представляем константную 3D-проекцию каково либо объекта, будь то ваза, орудие труда, какая-либо деталь архитектуры, архитектурное сооружение или даже архитектурный комплекс или город, то это конечно же «визуализация». Мы можем посмотреть этот объект со всех сторон и в разных ракурсах, покрутить его во всех направлениях, измерить его геометрические характеристики, увидеть его образующий материал, но не сможем его задействовать, привести в движение и произвести с ним (или в нем) какое-либо действие. Мы видим его устройство, но не видим его во временном действии (мы можем увидеть 3D-модель здания, но не сможем пройти по комнатам; видим структуру города, но не имеем возможности побродить по нему).

Если же 3D-проекция разворачивается во временном пространстве, активно выполняет какое-либо действие, то это уже «виртуализация». Мы можем увидеть вазу, орудие труда или охоты в руках человека, можем наблюдать процесс его создания, использования, управления. В случае подобного «овладения в про-

цессе» архитектурными объектами мы можем наблюдать их в пространстве – времени города или местности; можем бродить по ним или видеть процесс создания, наблюдать конструктивные особенности, выражающие разные этапы строительства. Если брать поселения (от сельбищ до городов), то в таких виртуальных пространствах возможно формирование развернутого представления о характере отдельных строений, значении площадей и улиц. Эти «действие», «движение» «процесс», «интерактивность» (влияние самого зрителя) – взаимодействие между объектами, процесс работы самих объектов – главные свойства, которые отличают виртуализацию (процесс растворения объекта во времени) от визуализации (объект как данность). Подобное терминологическое уточнение способно уточнить взаимодействие и понимание участников процесса создания виртуальных и визуальных реконструкций (миров).

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Даниленко В.П. Русская терминология: Опыт лингвистического описания. М., 1977.
2. Крысин Л.П. Толковый словарь иноязычных слов. М.: Русский язык, 2001. 148 с.
3. Словарь АBBYY Lingvo-Online. URL: [http://www.lingvo-online.ru/ru/ Translate/ru-en/visual](http://www.lingvo-online.ru/ru/Translate/ru-en/visual).
4. Словарь АBBYY Lingvo-Online. URL: [http://www.lingvo-online.ru/ru/ Translate/en-ru/vision](http://www.lingvo-online.ru/ru/Translate/en-ru/vision).
5. Психологический тренинговый центр «ACK ME». URL: http://seminari-kursi-treningi.ru/articles/statiya18_nlp_praktik1.html.
6. ГОСТ 27459-87 (СТ СЭВ 5712-86).
7. Системы обработки информации. Машинная графика. URL: <http://traditio-ru.org/wiki/Визуализация>.

8. Крысин Л.П. Толковый словарь иноязычных слов. М.: Русский язык, 2001. 150 с.

9. *Cobuild Collins*. Essential English Dictionary: Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English. Harper Collins Publishers, 1995. 797 p.

10. Девид Дойч. Структура реальности. 2000. с. 59.

11. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Виртуальная_реальность.

12. Носов Н.А. Виртуальный человек: очерки по виртуальной психологии детства. М.: Магистр, 1997. 13 с.

13. Князева Г.В. Виртуальная реальность и профессиональные технологии визуализации // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2010. Вып. 5.

14. Разувалова Е.В., Низамутдинов А.Р. Виртуальная реконструкция культурно-исторических памятников Среднего Поволжья // Национальная ассоциация ученых (НАУ). 2015. Ч. 2. № 2 (7). С. 46-49.

THE ISSUE OF CORRECT TERMINOLOGY USAGE IN COMPUTER RECONSTRUCTIONS

E.V. Razuvalova¹, K.A. Rudenko²

¹Kazan Federal University; ²Kazan State Institute of Culture and Arts

¹ekaterina.razuvalova@gmail.com, ²murziha@mail.ru

Abstract

In this paper we analyze the problem of correlation and interaction of two frequently used terms. We compare and describe their meanings. We thoroughly study their history and usage, and generalize cases in which one of those terms will be appropriate to use.

Keywords: *visualization, computer reconstruction, visual model, virtual world*

REFERENCES

1. Danilenko V.P. Russkaya terminologiya: Opyt lingvisticheskogo opisaniya. –M., 1977.
2. Krysin L.P. Tolkovyi slovar' inoyazychnykh slov. M.: Russkiy yazyk, 2001. 148p.
3. ABBYY Lingvo-Online. URL: <http://www.lingvo-online.ru/ru/Translate/ru-en/visual>.
4. ABBYY Lingvo-Online. URL: <http://www.lingvo-online.ru/ru/Translate/en-ru/vision>; http://seminari-kursi-treningi.ru/articles/statiya18_nlp_praktik1.html.
5. URL: http://seminari-kursi-treningi.ru/articles/statiya18_nlp_praktik1.html.
6. GOST 27459-87 (ST SEV 5712-86)-1. Systemy obrabotki informatsii. mashinnaya grafika. Vizualizatsiya. URL: <http://traditio-ru.org/wiki/>.
7. URL: <http://traditio-ru.org/wiki/Visualisation>.
8. Krysin L.P. Tolkovyi slovar' inoyazychnykh slov. M.: Russkiy yazyk, 2001.150 s.
9. Cobuild Collins. Essential English Dictionary: Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English. Harper Collins Publishers, 1995. 797 p.
10. David Deutsch. The Fabric of Reality. Virtual'naya real'nost'. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
11. Nosov N.A. Virtualnyi chelovek: ocherki po virtual'noy psikhologii detstva. M.: Magistr, 1997. 13 s.
12. Dopolnennaya realnost'. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.

13. *Knyazeva G.V.* Virtualnyay real'nost' i professional'nye tekhnologii vizualizatsii // Vestnik Povolzhskogo Universiteta imeni V.N. Tatischeva. 2010. № 15.

14. *Razuvalova E.V., Nizamutdinov A.R.* Virtualnyay rekonstruktsiya kulturno-istoricheskikh pamyatnikov Srednego Povolzh'ya // National'naya assotsiatsiya uchenykh (NAU). 2015. Ch. 2, №2 (7). S. 46-49.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



РАЗУВАЛОВА Екатерина Владимировна – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Информационные технологии и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» Института международных отношений, истории и востоковедения Казанского (Приволжского) федерального университета.

Ekaterina Vladimirovna RAZUVALOVA – junior research scientist of Kazan Federal University. Current scientific interests: virtual heritage reconstruction.

email: ekaterina.razuvalova@gmail.com



РУДЕНКО Константин Александрович – заведующий кафедрой музейного дела и охраны памятников Института дополнительного профессионального образования специалистов социокультурной сферы и искусства (г. Казань), профессор Казанского государственного института культуры, доктор исторических наук, диссертация «Процессы этнокультурного взаимодействия в Волго-Камье в конце X–XIV вв. по археологическим данным».

Konstantin Alexandrovich RUDENKO – Professor of Kazan State Institute of Culture and Arts, Dr. H. S., thesis in “Processes of ethnocultural interactions in Volgo-Kamie (X–XIV AD) using archaeological data”, chair of museum studies and historic preservation of Institute of additional professional education of specialists in the sociological and cultural sphere.

email: murziha@mail.ru

Материал поступил в редакцию 25 августа 2015 года

УДК 004.82+004.9

АНТРОПОМОРФНЫЙ СОЦИАЛЬНЫЙ АГЕНТ С СИМУЛЯЦИЕЙ ЭМОЦИЙ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ

В.В. Кугуракова¹, М.О. Таланов², Н.Р. Манахов³, Д.С. Иванов⁴

^{1,2,3,4}Казанский (Приволжский) федеральный университет

¹vlada.kugurakova@gmail.com, ²max.talanov@gmail.com,

³nadirmanakhov@gmail.com@gmail.com, ⁴denis.999.ivanov@gmail.com

Аннотация

Рассмотрены эмоциональные человеко-машинные интерфейсы, а именно, антропоморфные социальные агенты. Описана кросс-дисциплинарная задача создания антропоморфного агента, который «чувствует» и «реагирует» на эмоциональные стимулы. Предложена нейробиологически инспирированная реализация, основанная на механике химических и физических процессов, происходящих в человеческом мозге. Проектирование и разработка эмоциональной модели осуществлены симуляцией нейромодуляторов: дофамина, серотонина, нор-адреналина. Отображение эмоций достигается за счёт комбинации данных нейромодуляторов в различных пропорциях. Для этого используется гипотеза Хьюго Лёфхейма («куб эмоций»), которая в свою очередь базируется на теории аффектов Сильвиана Томпкинса. Описаны преодоление феномена “uncanny valley” и подходы к пониманию взаимосвязей мимики и мотивации индивидуума. Построена реалистичная вычислительная модель, которая позволяет адекватно визуализировать мимику виртуального агента синхронизировано с производимой им речью. На основе трехмерной модели человеческой головы создан антропоморфный эмоциональный агент, способный на мимические реакции в связи с эмоциональным контекстом.

Ключевые слова: *антропоморфный социальный агент, искусственный интеллект*

“... you just can't differentiate between a robot and the very best of humans”

— Isaac Asimov, I, Robot

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день IT-индустрия испытывает острую потребность в новых человеко-машинных интерфейсах, которые должны облегчить взаимодействие между компьютером и человеком. Необходимыми аспектами таких интерфейсов являются поддержание диалога и запоминание контекста, а также наличие эмоциональной реакции на фразы и действия собеседника. Такие интерфейсы необходимы для построения системы, способной к обучению в процессе общения и «рефлексии» (если этот термин позволительно применить к вычислительной модели), в реальных условиях сложной социальной среды, требуемой современными IT-инфраструктурами.

К возможным сферам применения эмоционального человеко-машинного интерфейса следует отнести эмуляцию живого собеседника, «создание дружелюбной глобальной техногенной среды и эргатических систем, усиливающих и увеличивающих возможности человека, его безопасность и эффективность при реализации трудовой деятельности» [12]. Из ярких примеров, уже вошедших в повседневность, можно упомянуть интеллектуальные программы-помощники, распознающие звуковые команды и чат-боты, использующие базу пользовательских сообщений для генерации ответов. Однако эти разработки нельзя отнести к настоящему эмоциональному искусственному интеллекту ввиду отсутствия у них сложной эмоциональной внутренней структуры, определяющей ответ и сохраняющей в памяти контекст диалога.

ПРОБЛЕМА

На сегодняшний день не существует агентов, учитывающих и использующих нейropsихологические эмоциональные модели, несмотря на то, что эмоции несут очень важную роль в человеческой жизни от принятия решений до включения инстинкта самосохранения. Однако существует множество систем выражения человеческих эмоций, которые не влияют на внутреннее состояние системы. Перед

нами стоит кросс-дисциплинарная задача создания антропоморфного агента, который «чувствует» и «реагирует» на эмоциональные стимулы, такие, как выражение симпатии или агрессии со стороны собеседника.

ОПИСАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Мы предлагаем нейробиологически инспирированную реализацию агентов, основанных на химических и физических процессах, происходящих в человеческом мозге. Проведённое исследование этих процессов сделало возможным построение формальной модели, регулирующей внутреннее состояние интеллектуального агента. Модель регистрирует и распознаёт внешние воздействия и изменяет внутреннее состояние агента соответствующим образом, после чего формируется ответ [9].

Проектирование и разработка эмоциональной модели осуществляются симуляцией нейромодуляторов: дофамина, серотонина, нор-адреналина [13], [14]. Отображение эмоций достигается за счёт комбинации данных нейромодуляторов в различных пропорциях. Для этого используется гипотеза Хьюго Лёфхейма, см. «куб эмоций» [5], которая в свою очередь базируется на теории аффектов Сильвиана Томкинса (Silvan Tomkins) [16–19]. Томкинс называет аффектами врожденные эмоциональные реакции, которые наблюдаются у младенцев с рождения: злость, стыд, грусть, страх, интерес, счастье, удивление, отвращение. Плюсом также могло бы быть, кроме базовых эмоций, принимать во внимание и воспроизвести в вычислительной модели социальные эмоции, такие, как эмпатия, зависть, любовь, агрессия, восхищение, уважение и т. д.

Мы считаем обязательным также включение в модель агента некоторого подмножества когнитивных функций, по крайней мере, таких, как знания, убеждения и цели [2–4].

Наше решение подразумевает построение вычислительной модели необходимого и достаточного множества функций, включающих базовые и социальные эмоции и иные когнитивные функции (память, обучение, принятие решений, восприятие, вынесение суждений, понимание, и даже язык).

Нельзя не упомянуть о важной задаче в построении адекватного человеко-машинного интерфейса при реализации именно антропоморфного агента – пре-

одоление феномена “uncanny valley”. Современные разработки в области социальных агентов не справляются с требованиями, которые люди предъявляют к своим виртуальным собеседникам. В результате между человеком и виртуальным агентом возникает «преграда»: человек не доверяет и даже боится общения с человекоподобным агентом. Подходы к классификации сложностей и методов их преодоления, связанных с влиянием феномена “uncanny valley”, рассмотрены, например, в психологических работах японских исследователей [21].

РЕАЛИЗАЦИЯ

В результате работы над реализацией кросс-дисциплинарной задачи были выполнены следующие шаги:

1. Использована трехмерная модель, связывающая человеческие эмоции и вычислительные процессы на основе нейромодуляторов: дофамина, серотонина, нор-адреналина [13].

2. Разработаны подходы к построению диалоговой системы, способной общаться с пользователем на естественном языке.

3. Разработаны подходы к пониманию взаимосвязей мимики и мотивации индивидуума.

4. Построена реалистичная вычислительная модель, которая позволяет адекватно визуализировать мимику виртуального агента синхронизировано с производимой им речью. Использовались технологии Text To Speech, которые позволяют воспроизвести входной текст виртуального агента в виде вербального сообщения. С использованием технологии Microsoft Kinect для фотограмметрии мимики при произнесении разных звуков, слогов и разных эмоциональных реакциях были получены базовые мимические состояния виртуального агента.

Создан первый прототип виртуального антропоморфного агента, способного к произнесению сложного текста на двух языках, сопровождающегося адекватной человеческой мимикой. В ходе реализации прототипа было использовано программное обеспечение для распознавания мимики лица человека Faceshift, при помощи которого были сняты «маски» базовых эмоций для воспроизведения основных эмоциональных состояний и «мимические маски», синхронизируемые с аудио-дорожками соответствующих морфем, выделяемых из потока речи, генерируемой от лица агента. С помощью технологии blendshape при произношении

эмоционально тегированной речи, тональности эмоционального состояния были смешаны с базовыми мимическими масками морфем. На основе трехмерной модели человеческой головы создан антропоморфный эмоциональный агент, способный на мимические реакции в связи с эмоциональным контекстом. Основой для трёхмерной визуализации агента послужил инструмент для разработки приложений и игр Unity. Также был задействован интерфейс программирования приложений Microsoft speech library, основанный на технологии COM и предназначенный для распознавания и синтеза речи.

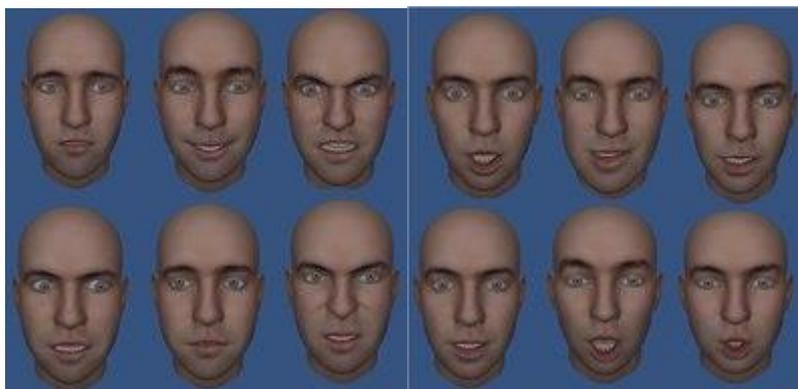


Рис. Различные мимические маски, отражающие основные эмоциональные состояния

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РАЗРАБОТОК

Исследования на тему создания и обучения социальных агентов-собеседников человека ведутся длительное время. С каждым годом появляются новые программы и совершенствуются старые. Можно выделить основные отрасли исследований:

- распознавание человеческой речи;
- анализ человеческой речи;
- симуляция речи человека;
- симуляция мимики, движений человека;
- симуляция психоэмоциональных состояний и реакций;
- рассуждения на основе здравого смысла;
- поддержание контекста;
- диалоговый режим.

В частности, виртуальный собеседник Женя Густман (Eugene Goostman) [1] впервые сумел пройти тест Тьюринга [8] на испытаниях, организованных в 2014 году университетом Рединга (Великобритания).

Развиваются системы перевода текста в речь и речи в текст, например, Skype Translator. Активно развивается направление интеллектуальных агентов, стали промышленными приложениями такие агенты, как Siri – персональный помощник и вопросно-ответная система, разработанная для iOS, использует обработку естественной речи, чтобы отвечать на вопросы и давать рекомендации; Amazon Echo (Alexa) – устройство голосового управления с вопросно-ответной системой и с функциями воспроизведения музыки.

Некоторые компании движутся в направлении развития антропоморфных роботов-андроидов. Среди созданных антропоморфных роботов-андроидов стоит отметить Aiko, ASIMO, Einstein Robot, Repliee R-1, Ибн-Сина.

К решениям в области вопросно-ответных систем можно отнести:

- IBM Watson – суперкомпьютер фирмы IBM, способный понимать вопросы, сформулированные на естественном языке, и находить на них ответы в базе; в области перевода из текста в речь – MicrosoftTTS, GoogleTTS, Ivona, Acapela;
- в области синхронизации губ с речью – FaceFX, CrazyTalk, Magpie;
- среди антропоморфных социальных агентов необходимо выделить Зое, проект Кембриджского университета [20], умеющего распознавать и синтезировать речь, а также имеющий визуализацию в форме женского лица, способного отображать различные эмоции.

Чрезвычайно востребованы на данный момент и исследования в области нейробиологии и функционирования человеческого мозга. Стоит отметить такие проекты, как Connectome [15], Blue Brain, Human Brain Project. Всё ещё не решена фундаментальная проблема человеческого познания, мышления, сознания, самосознания (эго). Другими словами, остается загадкой, каким образом из элементарных действий нейронов, кортикальных колонок, зон Бродмана, долей головного мозга складываются феномены, такие, как мотивация, воображение, творческое мышление, сон и т. д.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ

Развитие искусственного общего интеллекта не может быть возможно исключительно через алгоритмы, созданные человеком. Многие аспекты человеческого мозга до сих пор не ясны ни ученым, ни инженерам. Вместо этого можно создать машины, которые создают собственные алгоритмы, т. е., машины, которые учатся учиться. Данко Николич [7] выдвинул гипотезу о том, что это может быть достигнуто через создание ИИ-детского сада.

Итак, после реализации первого рабочего прототипа нами были поставлены следующие задачи.

Механизм эмоциональных реакций на базе врожденных эмоциональных аффектов

Человек с самого рождения демонстрирует базовые эмоциональные реакции, как-то плач, улыбка, отвращение (выплесывание пищи) и т. д. – это врожденные реакции. В терминах Марвина-Мински, это Критик, селектор и образ мышления (Critic, Selector and the way to think) [6]; при срабатывании элементарного аналитического механизма (critic) возникает некоторая эмоциональная реакция, например, страх, которая тесно связана с физиологическим возбуждением и вызывает врожденное поведение. На основе этого триплета (анализ–реакция–поведение) с возрастом у человека возникает гамма стратегий поведения в связи с эмоциональными реакциями. Дальше развиваются аналитические механизмы, которые становятся всё более сложными, с пониманием подтекста и смысла изменений в окружающей среде, так же, как социальных взаимодействий. Описание формальной модели этих механизмов в терминах вычислительных систем позволит построить адекватное решение для отображения эмоций и самого эмоционального поведения виртуального агента.

Методология обучения («детский сад») агента

- подходы к развитию способности обучения;
- подходы к развитию логического мышления в рамках методологии обучения;
- подходы к симуляции процессов рефлексии в рамках методологии обучения.

Развитие существующего аппарата запроса к базе знаний на основе естественных языков

- механизм генерации множественных представлений имеющихся знаний;
- обучение системы на основе естественного языка;
- механизмы поддержания диалога, включая механизмы поддержания контекста.

Механизм рассуждений на основе здравого смысла

Для реализации адекватного человеческого механизма логического вывода необходимо применить альтернативный традиционному подход на основе здравого смысла, описанный в литературе Марвином Мински.

Математическая модель влияния эмоций на вычислительные процессы

На основе философской модели Марвина Мински “Model of Six”, психологической модели Томкинса и нейробиологической модели Лёвхейма планируется реализовать математическую модель эмоционального принятия решений на основе ряда исследований влияния нейромодуляторов и переключения ритмов мозга так же, как и психологических исследований в области.

Генерация психологического отношения с агрегацией эмоциональной окраски в ответе

Необходимо включить когнитивными функции: распознавание взаимодействующей с агентом личности, ее идентификацию, как по избыточным, так и по недостаточным данным, в условиях различной освещенности/угла поворота изображения (алгоритм OpenCV, метод Виолы–Джонса), формирование поведенческих матриц в зависимости от мотивации, степени готовности и прошлого опыта, с поддержанием контекста в диалоговом режиме:

- сканирование мимики, эмоционального типа и распознавание интонации респондента;
- генерация психологического отношения антропоморфного социального агента к респонденту;
- генерация ответа с агрегацией эмоциональной окраски антропоморфного социального агента на основе сентименто-анализа.

Вычислительные эксперименты

Для валидации построенной формальной модели необходимо провести ряд вычислительных экспериментов, таких, как:

- эксперимент субъективного отношения респондентов на общение с прототипом антропоморфного виртуального агента с исследованием феномена “uncanny valley”;
- анализ социо-психологического исследования социальных взаимодействий людей с антропоморфным социальным агентом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на большое количество существующих технологий искусственного интеллекта и виртуальных собеседников, на данный момент времени концепция эмоционального искусственного интеллекта всё ещё не реализована.

В нашей работе описаны вычислительная модель, связывающая человеческие эмоции и вычислительные процессы на основе нейромодуляторов, и реализация эмоционального антропоморфного агента, способного на мимические реакции в связи с эмоциональным контекстом, разработанного на основе 3D модели человеческой головы. Описаны дальнейшие этапы решения поставленной кросс-дисциплинарной задачи создания социального агента, который «чувствует» и «реагирует» на эмоциональные стимулы, самообучается, рефлексировывает, так, что у его респондентов не должно возникать негативной реакции, свойственной феномену “uncanny valley”.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Aaronson S.* My conversation with "Eugene Goostman", the Chatbot that's all over the news for allegedly passing the turing test". Shtetl-Optimized// The Blog of Scott Aaronson. Archived from the original on 2014-08-07. Retrieved 2014-09-12.

2. *Bratman M.E.* Intention, plans, and practical reason. CSLI Publications, 1999. ISBN 1-57586-192-5.
3. *Rao S., Georgeff M.P.* modeling rational agents within a BDI-Architecture// Proceedings of the 2nd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, 1991. P. 473-484.
4. *Rao S., Georgeff M.P.* BDI-agents: from theory to practice// Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems (ICMAS'95), San Francisco, 2012.
5. *Løvheim H.* A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters// Medical Hypotheses. 2012. V. 78 (2). P. 341-348.
6. *Minsky M.* The emotion machine and the society of mind. NY: Simon & Schuster, 2006. ISBN-10: 0743276647.
7. *Nikolić D.* Machines that dream: a brief introduction into developing artificial general intelligence through AI-Kindergarten. 2015.
8. *Oppy G., Dowe D.* The turing test. Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2011.
9. *Plutchik R.* Emotions and life: perspectives from psychology, biology, and evolution. Washington, DC: American Psychological Association, 2002.
10. *Plutchik R., Conte R., Hope J.* Circumplex models of personality and emotions. Washington, DC: American Psychological Association, 1997.
11. *Plutchik R.* Emotion: theory, research, and experience: Vol. 1. Theories of emotion 1. New York: Academic, 1980.
12. *Сергеев С.Ф.* Методологические аспекты проектирования сложных авиационных технических сред / С. Ф. Сергеев, А. П. Захаревич // 7-я Международная конференция «Авиация и космонавтика–2008»: Тезисы докладов. М.: Изд-во МАИ-Принт, 2008. С. 73-74.
13. *Talanov M., Vallverdu J., Distefano S., Mazzara M., Radhakrishnan D.* Neuro-modulating cognitive architecture: towards biomimetic emotional AI. AINA 2015, P. 587-592.
14. *Talanov M., Toshev A.* Computational emotional thinking and virtual neurotransmitters// IJSE. 2014. V. 5 (1). P. 1-8.
15. The Human Connectome Project. NIH Blueprint for Neuroscience Research (National Institutes of Health), 2013.
16. *Tomkins S.* Affect imagery consciousness volume III the negative affects anger and fear. New York: Springer Publishing Company, 1991.

17. *Tomkins S.* The quest for primary motives: biography and autobiography of an idea// *J. Pers. Soc. Psychol*, 1981.

18. *Tomkins S.* Affect imagery consciousness: V. II. The negative affects. New York: Springer Publishing Company, 1963.

19. *Tomkins S.* Affect imagery consciousness: V. I. The positive affects. New York: Springer Publishing Company, 1962.

20. *Wan V., Anderson R., Blokland A., Braunschweiler N., Chen L., Kolluru B., Latorre J., Maia R., Stenger B., Yanagisawa K., Stylianou Y., Akamine M., Gales M.J.F., Cipolla R.* Photo-realistic expressive text to talking head synthesis// *Source of the Document Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH*, 2013. P. 2667-2669.

21. *Yamada Y., Kawabe T., Ihaya K.* (2013). Categorization difficulty is associated with negative evaluation in the “uncanny valley” phenomenon// *Japanese Psychological Research*, 2013. V. 55 (1). P. 20-32.

ANTHROPOMORPHIC ARTIFICIAL SOCIAL AGENT WITH SIMULATED EMOTIONS AND ITS IMPLEMENTATION

Vlada Kugurakova¹, Max Talanov², Nadir Manakhov³, Denis Ivanov⁴

^{1,2,3,4}*Higher School ITIS. Kazan Federal University*

¹*vlada.kugurakova@gmail.com*, ²*max.talanov@gmail.com*, ³*nadirmanakhov@gmail.com*, ⁴*denis.999.ivanov@gmail.com*

Abstract

In this paper we describe an emotional human-machine interface as an anthropomorphic social agent which is able to comprehend emotions and react to emotional stimuli. We propose a neurobiologically inspired agent implementation that is based on mechanics of chemical and physiological processes within human brain. Implementation of model features simulation of neuromodulators such as dopamine, serotonin, and noradrenaline. Demonstration of emotions is achieved via combining aforementioned neuromodulators in different proportions. The Lövheim cube of emotions is

used for this purpose. We also cover the topic of "uncanny valley" phenomenon. In conclusion of this paper we reached understanding of connection between mimics and motivation of individual. We have constructed realistic computation model which allows us to visualize agent's mimics in sync with his speech.

Keywords: *intelligent agents, visualization, emotional artificial intelligence, neuromodulators, visual speech synthesis, expressive and controllable speech synthesis*

REFERENCES

1. Aaronson S. My conversation with "Eugene Goostman", the Chatbot that's all over the news for allegedly passing the turing test". Shtetl-Optimized// The Blog of Scott Aaronson. Archived from the original on 2014-08-07. Retrieved 2014-09-12.
2. Bratman M.E. Intention, plans, and practical reason. CSLI Publications, 1999. ISBN 1-57586-192-5.
3. Rao S., Georgeff M.P. modeling rational agents within a BDI-Architecture// Proceedings of the 2nd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, 1991. P. 473-484.
4. Rao S., Georgeff M.P. BDI-agents: from theory to practice// Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems (ICMAS'95), San Francisco, 2012.
5. Lövheim H. A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters// Medical Hypotheses, 2012. V. 78 (2). P. 341-348.
6. Minsky M. The emotion machine and the society of mind. NY: Simon & Schuster, 2006. ISBN-10: 0743276647.
7. Nikolić D. Machines that dream: a brief introduction into developing artificial general intelligence through AI-Kindergarten. 2015.
8. Oppy G., Dowe D. The turing test. Stanford encyclopedia of philosophy, 2011.
9. Plutchik R. Emotions and life: perspectives from psychology, biology, and evolution. Washington, DC: American Psychological Association, 2002.
10. Plutchik R., Conte R., Hope J. Circumplex models of personality and emotions. Washington, DC: American Psychological Association, 1997.
11. Plutchik R. Emotion: theory, research, and experience: Vol. 1. Theories of emotion 1. New York: Academic, 1980.

12. *Sergeev S.F. Metodologicheskie aspekty proektirovaniya slognykh tekhnicheskikh sred // VII International conference «Aviatiya i kosmonavtika-2008». M.: MAI-Print, 2008. S. 73-74.*

13. *Talanov M., Vallverdu J., Distefano S., Mazzara M., Radhakrishnan D. Neuro-modulating cognitive architecture: towards biomimetic emotional AI. AINA 2015, P. 587-592.*

14. *Talanov M., Toshev A. Computational emotional thinking and virtual neurotransmitters// IJSE. 2014. V. 5 (1). P. 1-8.*

15. *The Human Connectome Project. NIH Blueprint for Neuroscience Research (National Institutes of Health), 2013.*

16. *Tomkins S. Affect imagery consciousness volume III the negative affects anger and fear. New York: Springer Publishing Company, 1991.*

17. *Tomkins S. The quest for primary motives: biography and autobiography of an idea// J. Pers. Soc. Psychol, 1981.*

18. *Tomkins S. Affect imagery consciousness: V. II. The negative affects. New York: Springer Publishing Company, 1963.*

19. *Tomkins S. Affect imagery consciousness: V. I. The positive affects. New York: Springer Publishing Company, 1962.*

20. *Wan V., Anderson R., Blokland A., Braunschweiler N., Chen L., Kolluru B., Latorre J., Maia R., Stenger B., Yanagisawa K., Stylianou Y., Akamine M., Gales M.J.F., Cipolla R. Photo-realistic expressive text to talking head synthesis// Source of the Document Proceedings of the Annual Conference of the International Speech Communication Association, INTERSPEECH, 2013. P. 2667-2669.*

21. *Yamada Y., Kawabe T., Ihaya K. (2013). Categorization difficulty is associated with negative evaluation in the “uncanny valley” phenomenon// Japanese Psychological Research, 2013. V. 55 (1). P. 20-32.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



КУГУРАКОВА Влада Владимировна – старший преподаватель Высшей школы информационных технологий и информационных систем, руководитель лаборатории “ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия”.

Vlada Vladimirovna KUGURAKOVA, Senior Lecturer of Higher School of Information Technology and Information Systems, Head of Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage".

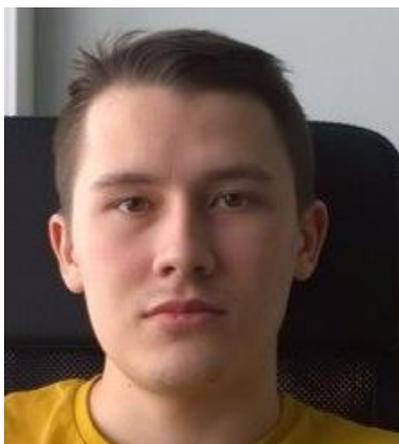
email: vlada.kugurakova@gmail.com



ТАЛАНОВ Максим Олегович – к.т.н., и.о. зав. каф. интеллектуальной робототехники Казанского (Приволжского) федерального университета. Сфера научных интересов: нейробиологически инспирированные подходы, когнитивные архитектуры, машинное понимание.

Maxim Olegovich TALANOV – Ph.D., Head of intelligent robotics Department, Kazan Federal University. Research interests: neurobiologically inspired approaches, cognitive architecture, machine cognition.

email: max.talanov@gmail.com



МАНАХОВ Надир Ринатович – лаборант-исследователь лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия».

Nadir Rinatovich MANAKHOV, researcher of Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage".

email: nadirmanakhov@gmail.com



ИВАНОВ Денис Сергеевич – лаборант-исследователь лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия».

Denis Sergeevich IVANOV, researcher of Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage".

email: denis.999.ivanov@gmail.com

Материал поступил в редакцию 2 октября 2015 года

УДК 004.82+004.9

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ БОЛГАРСКОГО ГОРОДИЩА X–XV ВВ., КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ

А.Р. Хафизов¹, В.С. Баранов², А.С. Сергеев³, В.В. Кугуракова⁴, А.Г. Ситдиков⁵

^{1,2,3}Институт международных отношений, истории и востоковедения;

⁴Высшая школа информационных технологий и информационных систем
Казанского (Приволжского) федерального университета;

⁵Институт археологии им. А.Х. Халикова АН РТ

¹azat.khafizov@gmail.com, ²sl.baranov@mail.ru, ³9ampjm@gmail.com,

⁴vlada.kugurakova@gmail.com, ⁵sitdikov_a@mail.ru

Аннотация

Описаны общий алгоритм и классификация этапов создания виртуальных культурно-исторических реконструкций. На примере проекта «Болгар XIV» разобраны основные стадии реализации реконструкции, рассмотрены архитектура, бытовое окружение и планировка города; дано общее описание той эпохи. Приведены общие соображения о подходах к созданию виртуальных реконструкций, в том числе правила процедурной генерации территорий.

Ключевые слова: *процедурная генерация уровней, генерация контента, виртуальные реконструкции, Великий Болгар, level design*

ВВЕДЕНИЕ

Процесс создания виртуальных культурно-исторических реконструкций состоит из двух основных этапов: достоверного воссоздания уникальных и типичных (повторяемых) объектов, а также размещения данных объектов по пространству виртуального мира. Для выполнения каждого из этапов существует несколько подходов, выбор которых зависит от целей проекта, объема доступных исторических и археологических данных, а также ряда других факторов, таких, как степень динамичности игрового процесса, уровень эстетичности визуального восприятия виртуального мира, качество оптимизации трехмерных моделей, производительность конечного приложения.

При воссоздании единичных объектов исторической ценности удобно использовать трехмерное сканирование в случае относительно небольших сохранившихся объектов, фотограмметрию раскопок для определения общих габаритов зданий в случае разрушенных строений, а также гипотетическое восстановление объектов по описаниям и изображениям, созданным современниками изучаемой эпохи, в случае отсутствия иных сохранившихся данных.

После воссоздания одним из вышеперечисленных способов или их комбинацией единичных и типовых объектов, включающих в себя памятники архитектуры, рядовые постройки и предметы быта, необходимо перейти к следующему этапу – размещению данных объектов в виртуальном пространстве. Всё содержимое виртуального пространства принято называть контентом.

Существует два основных подхода к реализации данной задачи: ручная расстановка и процедурная генерация объектов, когда объекты размещаются согласно набору автоматически для выполнения правил. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки.

В целом первый подход часто применяется при детализированном воссоздании условно небольшого виртуального пространства, когда в силу наличия запаса времени дизайнеру уровня можно посвятить больше времени нюансам и разнообразию композиции объектов. Вторым подход в основном используется для формирования больших пространств виртуальной реконструкции в тех случаях, когда мы не можем с археологической точностью описать детали этих пространств, но можем определить типичные закономерности их наполнения, а также при ограниченном количестве времени на посвящение внимания подробной проработке элементов контента.

В целом и ручное создание, и процедурная генерация контента широко распространены в мире видеоигр, виртуальных реконструкций и сфере Serious Games. При помощи специальных алгоритмов в игровом мире генерируются модели, текстуры, спрайты, модели искусственного интеллекта, звуки.

При должной настройке алгоритмов процедурно сгенерированный контент позволяет обеспечить имитацию вариативности игрового мира, сделать каждую его часть непохожей на другие. Однако в силу того, что компьютерное восприятие действительности отличается от человеческого, итоговый процедурно сгенериро-

ванный мир, каким бы разнообразным и продуманным он ни был, будет отличаться от, пусть и несовершенного, но персонального видения мира настоящего человека и соответствующих нюансов, которые может уловить лишь человеческая душа.

При создании виртуальной реконструкции самым разумным можно считать использование обоих методов, при применении каждого метода лишь по назначению, для узконаправленных задач, не пытаясь однозначно выбирать единственный подход между двумя альтернативами и стремясь к синергии различий между ними.

Далее рассматривается применение комбинированного подхода (процедурная генерация и ручная расстановка объектов) при создании виртуальной реконструкции древнего города Болгар четырнадцатого века. В данном конкретном случае под процедурной генерацией понимается размещение растительности, мусора и заборов в типичных дворах с последующим формированием города общими массами этих дворов вокруг ключевых архитектурных объектов в полуавтоматическом режиме, который реализован с помощью специальных инструментов-генераторов, написанных разработчиками, ускоряющих реализацию задач по дизайну и наполнению игрового уровня. Под ручным созданием виртуальной реконструкции понимается создание типичных дворов посредством размещения домов, хозяйственных построек и предметов быта на соответствующих сепарированных элементах ландшафта, а также работы по детализации дворов, формированию их уникального, неповторимого характера и работы по приданию локальным композициям объектов эстетичной и живописной динамики для акцентирования внимания пользователя на главных объектах виртуального мира.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРАВИЛА РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИРТУАЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

Благодаря многолетним исследованиям Болгарского городища, в результате которых были получены сведения об исторической топографии, стратиграфии культурного слоя, застройке и внутригородском районировании города Болгара, а также в контексте общего уровня изучения городов Волжской Болгарии, появилась возможность создания масштабных реконструкций городского пространства на различных этапах городской жизни памятника.

Наиболее перспективным и репрезентативным для популяризации объекта представляется период наивысшего расцвета его материальной и духовной культуры, который связан с первой половиной – серединой XIV в. В это время территория города достигает максимального размера, складывается его структура, завершается строительство наиболее значимых городских объектов, определяющих его облик. Многие из них сохранились в руинированном состоянии до наших дней и были музеефицированы (Соборная мечеть, Северный мавзолей, Восточный мавзолей, Черная палата, Белая палата и др.). В процессе археологических исследований изучена и рядовая застройка, которая достаточно разнообразна по конструкции и назначению. Это наземные и полуназемные деревянные постройки, характерные для лесной зоны Восточной Европы (срубные дома на подклетах, полуземлянки, каркасно-столбовые конструкции, сделанные в закладной технике), постройки на кирпичных и каменных цоколях и кирпичные здания с подпольной системой отопления, аналогии которым можно увидеть в домостроительстве золотоордынских городов Нижней Волги.

В застройке наблюдается сочетание квартального и усадебного принципов. Изучены районы с доминированием ремесленных производств (керамические, металлургические и кузнечные мастерские, стеклодельное, кожевенное, косторезное производство и др.).

Не вызывает сомнения наличие в Болгаре площадей, расположенных рядом с наиболее значимыми постройками, разветвленной сети улиц и переулков, тесно связанных с проездами в системе городских укреплений, которые были построены в первой половине XIV в. Среди объектов городской среды: рынки, кладбища с мавзолеями, городские водоемы и колодцы, комплексы общественных бань. Все они с одной стороны были вписаны в природный ландшафт, с другой – своим появлением вызывали в нем антропогенные изменения.

Представляя данные объекты как материал для реконструкционных построений виртуальной реальности, целью которых является создание максимально достоверной модели городской среды, попробуем рассмотреть их как совокупность связанных между собой элементов, являющихся соподчиненными в рамках единой системы городского пространства. Условный набор характеристик, которые необходимы для описания тех или иных объектов в планируемой модели

(местонахождение, размеры, материал, назначение, конструктивные и эстетические особенности и др.) обладает неравномерной информационной наполненностью, находящейся в прямой зависимости от степени изученности объектов городской среды (о чем-то мы знаем больше, о чем-то – меньше). От этого зависят критерии размещения объектов в предполагаемой модели и, соответственно, достоверность самой модели.

Неравномерность информационного обеспечения предполагает создание иерархии объектов, выстроенной согласно степени их достоверности. В данной парадигме объекты можно разделить на четыре категории: 1 – достоверные, 2 – средне-достоверные, 3 – слабо-достоверные, 4 – условно-достоверные (или фантазийные).

Достоверные. Объекты обладают всеми необходимыми информационными возможностями для размещения в модели (достоверность места, материала, конструкции, внешнего вида). К ним можно отнести большинство известных каменных архитектурных построек городища, систему визуально определяемых земляных укреплений с проездами (валы и рвы), объекты городского ландшафта (овраги, природные водоемы и т. п.). Данные сооружения имеют устойчивое местонахождение, достоверно реконструируемую форму, в силу своей морфологической определенности могут служить базисными точками для построения модели. Многие из них в виду социальной и практической значимости для властной верхушки и городского хозяйства являлись градообразующими объектами. Вокруг них происходило формирование застройки, их местоположение влияло на формирование городской инфраструктуры.

Средне-достоверные. Объекты обладают значительной частью информации для размещения в модели. К этим объектам можно отнести сооружения, визуально не различимые, но исследованные методами археологических раскопок (часть каменных и кирпичных построек, остатки жилищ, хозяйственных сооружений, производственных комплексов, колодцы и другие инженерные сооружения городского хозяйства и фортификации). Как и объекты категории 1, они обладают многими информационными возможностями, однако в силу своей фрагментарности и значительной археологизации требуют привлечения дополнительных сведений для уточнения характеристик (конструкции, материала, размеров и т. п.). Эти объекты формируют облик рядовой застройки, составляющей основную

ткань городского пространства Болгара. Их использование в качестве материала для построения модели требует сопоставления с другими объектами данной модели на уровне внутригородского районирования (на уровне кварталов, усадеб, отдельных районов города).

Слабо-достоверные. Объекты обладают малой частью информации для размещения в модели. К данным объектам можно причислить исследованные частично или намеченные в процессе археологических работ объекты городской инфраструктуры и коммуникаций (улицы, трубопроводы, изгороди), которые имеют значительную протяженность. Эти объекты могут обладать достаточным информационным обеспечением на отдельном участке, однако их интерпретация в силу особенностей (неизвестное направление, исходный и конечный пункты трассировки) носит во многом гипотетический характер. Могут служить основанием для построения объектов подобного рода внутри модели. Сюда же можно отнести границы усадеб, кварталов, некрополей, для выстраивания которых могут служить отправные сведения о наличии данных объектов на предполагаемом участке.

Условно-достоверные (фантазийные). Введение этой категории необходимо, так как в силу масштабов самого памятника (3 800 000 кв. м) и степени его археологического изучения на современном этапе затруднительно построение аутентичной структуры, в деталях воспроизводящей все особенности описываемого объекта. Поэтому необходимое заполнение участков модели, недостаточно исследованных в археологическом отношении, может производиться путем комбинации элементов, известных по другим участкам городища, опираясь, в том числе, и на общие сведения о городской культуре Болгара золотоордынской эпохи, учитывая предлагаемый для моделирования период. В частности, такой подход возможен для создания внутреннего построения усадебных и квартальных комплексов, для чего можно использовать принцип комбинирования известных элементов (например, жилище, хозяйственная постройка, изгородь, овин, хозяйственная яма, погреб-хранилище). Изменяя их количество (или, что касается жилых строений – материал), добавляя дополнительные элементы (надворная печь для приготовления пищи, загон для домашних животных, производственные объекты и др.), можно добиться получения модульных комплексов, разных по

внешнему облику, имущественному и социальному положению, профессиональному назначению, которые можно затем использовать для наполнения модели. К объектам данной категории можно отнести ряд объектов, допускаемых для иллюстрирования некоторых объектов первых трех категорий (например, склады дров рядом с банными комплексами и товаров рядом с торговыми площадями, зеленые насаждения, огороды в комплексах городских усадеб, надгробные камни в оформлении кладбищ).

Также на основе особенностей каждой группы объектов для них нами были разработаны правила размещения при процедурной генерации и ручной расстановке объектов древнего городища Болгар в виртуальной реконструкции:

Достоверные объекты (Чёрная палата, Соборная мечеть и пр.) размещаются в первую очередь, потому что, как уже было сказано выше, имеют реконструируемую форму, а также являются базисными точками построения нашей виртуальной реконструкции. Местоположение и размеры этих объектов доподлинно известны, и предельно важно, чтобы их расположение и размеры в виртуальной реконструкции соответствовали действительности. Размещаются вручную.

Следующим шагом является создание разнообразных «ярдов» («ярд» – название небольшого двора из 1–6 домов, огороженных высоким забором). На данном этапе важным является создание и распределение средне-достоверных моделей так, как это было в Болгаре XIV века. Основа «ярда» разрабатывается ручной расстановкой объектов, массовые объекты, как трава или заборы, генерируются с помощью специальных инструментов.

На последнем этапе происходит «персонализация» дворов, усадеб, кварталов города при помощи специальных моделей, построенных на основе слабо-достоверных и условно-достоверных объектов. Это объекты, которые позволят показать в виртуальной реконструкции ремесленные производства, быт жителей Болгара, флору древнего города, а также уникальность района. Данная работа проводится вручную, выражая дизайнерские способности авторов реконструкции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе разработки виртуальной реконструкции были созданы достоверные постройки древнего городища Болгар, такие, как Чёрная палата, Соборная мечеть, городской базар и некоторые другие; проведена предварительная работа для создания инструментов процедурной генерации заборов и растительности, созданы уникальные дворы, дома и внутреннее обустройство которых максимально возможным образом повторяет стилистику Болгара XIV века.



Рис. 1. Чёрная Палата – достоверный объект, реализованный в виртуальной реконструкции «Великий Болгар XIV», в окружении средне-достоверных и условно-достоверных аксессуаров



Рис. 2. Вид Болгар с высоты птичьего полёта – на заднем фоне достоверные объекты Соборная мечеть, Восточный мавзолей; а основное пространство города заполнено слабо-достоверными объектами – это деревянные постройки, заборы, ворота, хозяйственные постройки

Также была создана модель виртуального города, основанная на имеющихся данных о местоположении и распределении объектов в древнем городе.



Рис. 3. Внутреннее устройство двора, состоит из слабо-достоверных объектов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье дано описание применения процедурной генерации и ручной расстановки объектов в исторических виртуальных реконструкциях на примере виртуальной реконструкции древнего городища Болгар, включающее в себя определение иерархии объектов древнего городища, а также правила размещения данных объектов.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров С.С. Исследование и реставрация памятников монументального зодчества Болгара. *Город Болгар. Монументальное строительство, архитектура, благоустройство*. М., 2001. С. 5-149.
2. Валиев Р.Р., Ситдилов А.Г., Шакиров З.Г. Археологические исследования в 2010 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2011. С. 6-21.
3. Валиев Р.Р., Ситдилов А.Г., Старков А.С. Археологические исследования в 2012 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2013. С. 7-20.
4. Валиев Р.Р., Ситдилов А.Г., Старков А.С. Археологические исследования в 2013 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2014. С. 8-24.
5. Свод памятников археологии Республики Татарстан: в 3 т. Казань, 2007. Т. 3. С. 321. № 2767.
6. Ситдилов А.Г., Валиев Р.Р., Старков А.С. Археологические исследования в 2011 г.: Болгар и Свияжск. Казань, 2012. С. 6-21.
7. Ситдилов А.Г., Бочаров С.Г. Изучение Археологического наследия города Болгар. Соборная мечеть (XIV в.). *Восхождение к вершинам археологии*. Алматы, 2014. С. 532-547.
8. Хлебникова Т.А. История археологического изучения Болгарского городища. Стратиграфия. Топография. *Город Болгар. Очерки истории и культуры*. М., 1987. С. 32-88.

9. Шарифуллин Р.Ф. Болгарская археологическая экспедиция. *Великий Болгар*. М., 2013. С. 352-355.

10. Шарифуллин Р.Ф. Бани Болгар и их изучение. *Город Болгар. Монументальное строительство, архитектура, благоустройство*. М., 2001. С. 217-260.

11. Ziatdinov M.T., Khafizov M.R. New automata definition language for game development. Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Tatarstan, Russia, 2015.

ARCHEOLOGICAL OBJECTS OF BOLGAR X–XV AS CONTENT FOR CREATION VIRTUAL HISTORICAL RECONSTRUCTION

A.S. Sergeev¹, V.S. Baranov², M.R. Khafizov³, V.V. Kugurakova⁴, A.G. Sitdikov⁵

^{1,2,3}*Institute of International Relations, History and Oriental Studies. Kazan Federal University;* ⁴*Higher School of Information Technologies and Information Systems. Kazan Federal University;* ⁵*Khalikov Institute for Archaeology, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan*

¹9ampjm@gmail.com, ²sl.baranov@mail.ru, ³azat.khafizov@gmail.com, ⁴vlada.kugurakova@gmail.com, ⁵sitdikov_a@mail.ru

Abstract

In this paper we describe the general algorithm and classify the common steps of creating authentic historical and cultural reconstructions. Using «Bolgar XIV» as an example, we reviewed the main stages of reconstruction, including three-dimensional modeling of architecture, household items and citizens of ancient city. As a result, we made some valuable conclusions about the general track of creating virtual reconstructions and described technologies that can be used for it, such as procedural generation of terrain.

Keywords: *procedural generation, Bolgar, content generation, virtual reconstruction, historical heritage, level design*

REFERENCES

1. *Aydarov S.S.* Issledovanie i restavratsiya pamyatnikov monumental'nogo zodchestva Bolgara. Gorod Bolgar. Monumental'noe stroitel'stvo, arkhitektura, blagoustroystvo. M., 2001. S. 5-149.
2. *Valiev R.R., Sitdikov A.G., Shakirov Z.G.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2010 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2011. S. 6-21.
3. *Valiev R.R., Sitdikov A.G., Starkov A.S.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2012 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2013. S. 7-20.
4. *Valiev R.R., Sitdikov A.G., Starkov A.S.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2013 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2014. S. 8-24.
5. Svod pamyatnikov arkheologii Respubliki Tatarstan: v 3 t. Kazan', 2007. T. 3, S. 321. № 2767.
6. *Sitdikov A.G., Valiev R.R., Starkov A.S.* Arkheologicheskie issledovaniya v 2011 g.: Bolgar i Sviyazhsk. Kazan', 2012. S. 6-21.
7. *Sitdikov A.G., Bocharov S.G.* Izuchenie arkheologicheskogo naslediya goroda Bolgar. Sobornaya mechet' (XIV v.). Voskhogdenie k vershinam arkheologii. Almaty, 2014. S. 532-547.
8. *Khlebnikova T.A.* Istoriya arkheologicheskogo izucheniya Bolgarskogo Gorodischa. Stratigrafiya. Topografiya. Gorod Bolgar. *Ocherki istorii i kultury*. M., 1987. S. 32-88.
9. *Sharifullin R.F.* Bolgarskaya arkheologicheskaya ekspeditsiya. Velikiy Bolgar. M., 2013. S. 352-355.
10. *Sharifullin R.F.* Bani Bolgar i ikh izuchenie. Gorod Bolgar. Monumental'noe stroitel'stvo, arkhitektura, blagoustroystvo. M., 2001. S. 217-260.
11. *Ziatdinov M.T., Khafizov M.R.* New automata definition language for game development. Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Tatarstan, Russia, 2015.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



БАРАНОВ Вячеслав Сергеевич – российский археолог, кандидат исторических наук, специалист по средневековой, золотоордынской археологии. Диссертация «Благоустройство городов Волжской Болгарии: по археологическим материалам Болгарского городища X–XV вв.», (2001). Научный консультант виртуальной реконструкции «Великий Болгар XIV» (2014–2016).

Vyacheslav Sergeevich BARANOV, russian archaeologist, Ph.D., a specialist in medieval, the Golden Horde archeology. Scientific consultant of virtual reconstruction the "Great Bolgar XIV".

email: sl.baranov@mail.ru



СЕРГЕЕВ Александр Сергеевич – бакалавр Высшей школы Информационных технологий и информационных систем (ВШ ИТИС) Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ), лаборант-исследователь лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» КФУ. Сфера интересов: процедурная генерация, дизайн уровней, методы и морфологические правила размещения объектов в виртуальных реализациях масштабных территорий.

Alexandr Sergeevich SERGEEV, bachelor of Higher School ITIS, researcher in the Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage". Sphere of interests: morphological rules of connected objects placing for procedural generation in big virtual historical reconstructions, general procedural generation, game and level design.

email: 9ampjm@gmail.com



ХАФИЗОВ Азат Ринатович – исследователь лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия» КФУ. Сфера интересов: разработка игр, тренажеров, культурно-исторических реконструкций. Супервайзер проекта «Великий Болгар XIV».

Azat Rinatovich KHAFIZOV, supervisor of virtual reconstruction the "Great Bolgar XIV", researcher in the Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage". Sphere of interests: game and historical reconstruction development.

email: azat.khafizov@gmail.com



КУГУРАКОВА Влада Владимировна – старший преподаватель ВШ ИТИС КФУ, руководитель лаборатории «ИТ и неразрушающие методы исследования объектов культурного наследия».

Vlada Vladimirovna KUGURAKOVA, Senior Lecturer of Higher School of Information Technology and Information Systems, Head of Laboratory "IT and non-destructive methods of investigation of cultural heritage".

email: vlada.kugurakova@gmail.com



СИТДИКОВ Айрат Габитович – директор Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, российский, татарстанский археолог, доктор исторических наук, специалист по средневековой археологии Поволжья, археологии Казани.

Ayrat Gabitovich SITDIKOV, Director of the Khalikov Institute of Archaeology, Doctor of Sciences in History. Research interests: Volga region medieval archaeology; archaeology of Kazan.

email: sitdikov_a@mail.ru

Материал поступил в редакцию 12 октября 2015 года