

Научная статья
УДК 004.5, 004.9, 004.81, 004.89
doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.006

ОБЗОР ПОДХОДОВ И УТОЧНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ В ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Александр Владимирович Вицентий

*Институт информатики и математического моделирования имени В. А. Путилова
Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия, alx_2003@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1331-4749>*

Аннотация

Рассмотрены наиболее распространенные базовые подходы к созданию моделей пользователей в информационных системах, а также основные понятия, используемые в пользовательском моделировании, такие как ментальная модель пользователя и когнитивная модель пользователя. Статья носит постановочный характер и не имеет цели дать всеобъемлющий обзор подходов и технологий пользовательского моделирования. Основной целью является уточнение базовых понятий, их взаимного соотношения, а также их адаптация и выработка рабочих определений, соответствующих специфике текущей научно-исследовательской работы. Основными методами исследования являются сравнительный анализ и обзор научных источников. В результате сделан краткий обзор подходов к моделированию пользователей информационных систем, а также даны рабочие определения основных понятий, которые будут использоваться в последующих научно-исследовательских работах.

Ключевые слова:

когнитивная модель пользователя, ментальная модель пользователя, когнитивный интерфейс, геовизуализация, информационная потребность, человеко-компьютерный интерфейс, географические информационные системы

Благодарности:

исследование выполнено в рамках государственного задания Института информатики и математического моделирования имени В. А. Путилова Кольского научного центра Российской академии наук от Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема научно-исследовательской работы «Методология создания информационно-аналитических систем поддержки управления региональным развитием, основанных на формирующем искусственном интеллекте и больших данных» (регистрационный номер 122022800551-0).

Для цитирования:

Вицентий А. В. Обзор подходов и уточнение основных понятий в области моделирования пользователей // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 2. С. 66–77. doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.006

Original article

REVIEW OF APPROACHES AND CLARIFICATION OF THE BASIC CONCEPTS IN THE FIELD OF USER MODELING

Alexander V. Vicentiy

Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, alx_2003@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1331-4749>

Abstract

This paper is devoted to reviewing the most common basic approaches to creating user models in information systems. It also discusses the basic concepts used in user modeling, such as the mental user model and the cognitive user model. The paper is of a staged nature and is not intended to give a comprehensive overview of user modeling approaches and technologies. The main purpose is clarification of the basic concepts, its mutual correlation, as well as their adaptation and development of working definitions, corresponding to the specifics of the current research work. The main research methods are comparative analysis and review of scientific sources. The result is a brief overview of approaches to modeling users of information systems, as well as working definitions of basic concepts that will be used in subsequent research work.

Keywords:

cognitive user model, mental user model, cognitive interface, geovisualization, information need, human-computer interface, geographic information systems

© Вицентий А. В., 2022

Acknowledgments:

the study was carried out within the framework of the Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, research topic “Methodology for creating information and analytical systems to support the management of regional development based on formative artificial intelligence and big data” (registration number 122022800551-0).

For citation:

Vicentiy A. V. Review of approaches and clarification of the basic concepts in the field of user modeling // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2022. Vol. 13, No. 2. P. 66–77. doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.006

Введение

Данная статья является первой публикацией из серии работ, направленных на решение группы задач по созданию эффективных механизмов когнитивного человеко-машинного взаимодействия с учетом разнородности и динамичности прикладных задач, решаемых информационными системами в рамках общей тематики «Методология создания информационно-аналитических систем поддержки управления региональным развитием, основанных на формирующем искусственном интеллекте и больших данных».

Описывается начальный этап работ, связанный с проведением краткого обзора существующих подходов к моделированию пользователей для разработки эффективных человеко-компьютерных интерфейсов, в частности интерфейсов пользователя интеллектуальных информационных систем. Кроме того, в рамках данной работы проводится уточнение основных понятий из области пользовательского моделирования и синтез рабочих определений, которые будут использоваться в дальнейших научно-исследовательских работах.

Человеко-машинный и человеко-компьютерный интерфейсы

Если рассмотреть структуру универсальной десятичной классификации, которая является одной из широко распространенных в мире систем классификации информации, используемой также и для классификации научных работ, то можно найти несколько разделов, связанных с понятиями взаимодействия человека и машины, а также с понятием интерфейса. В частности, это раздел 004.5 «Человеко-машинное взаимодействие. Человеко-машинный интерфейс. Пользовательский интерфейс. Операционная среда пользователя», включающий в себя подразделы 004.51 «Дисплейный интерфейс», 004.52 «Звуковой интерфейс», 004.55 «Гипермедиа. Гипертекст», 004.58 «Помощь пользователю» [1].

Если принять во внимание, что этот раздел является подклассом класса 004 «Информационные технологии. Компьютерные технологии. Теория вычислительных машин и систем», все подклассы которого подразумевают цифровую технику вычислений, кроме тех, которые включают специальные определители, то становится понятно, что, несмотря на использование термина «человеко-машинное взаимодействие», фактически речь идет о человеко-компьютерном взаимодействии. Поэтому здесь и далее, говоря о взаимодействии человека с машиной и об интерфейсе, мы будем иметь в виду именно вычислительную машину (компьютер) и, соответственно, интерфейс человека и компьютера (пользовательский интерфейс), включая его аппаратную и программную компоненты.

Понятия человеко-машинного взаимодействия и человеко-машинного интерфейса имеют множество различных ситуативных определений, которые могут сильно отличаться в зависимости от предметной области, в рамках которой они используются. Так, в тексте международного стандарта ИЕС 60447-93 “Man-machine interface. Actuating principles” (последняя редакция 7 июня 2022 г.) человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) определяется следующим образом: «Человеко-машинный интерфейс — это технические средства, предназначенные для обеспечения непосредственного взаимодействия между оператором и оборудованием и дающие возможность оператору управлять оборудованием и контролировать его функционирование. Такие средства могут включать приводимые в действие вручную органы управления, контрольные устройства, дисплеи» [2]. Человеко-компьютерный интерфейс, о котором пойдет речь далее, является более узким понятием, чем ЧМИ. Однако, учитывая бурное развитие и распространение компьютерной техники в последние десятилетия, именно вопросы, связанные с разработкой и совершенствованием человеко-компьютерного интерфейса, становятся наиболее актуальными [3].

Понятие человеко-компьютерного интерфейса можно рассматривать в узком и широком значениях. Человеко-компьютерный интерфейс в узком значении — это, прежде всего, пользовательский интерфейс, обеспечивающий возможность передачи информации между человеком, являющимся пользователем компьютерной системы, и самой компьютерной системой, представляющей собой программно-аппаратный комплекс. Другими словами, это программно-аппаратное обеспечение компьютера, которое обеспечивает поддержку взаимодействия пользователя с компьютерной системой [4, 5]. Целью взаимодействия является обеспечение эффективной работы пользователя. Для ее достижения пользователю предоставляются средства ввода и вывода информации, а также методы интерфейса, реализованные в виде правил, описывающих реакции компьютерной системы на действия пользователя. Такой тип интерфейса также называют логическим интерфейсом [6].

В широком значении под человеко-компьютерным интерфейсом часто понимается отдельная ветвь эргономики, основная задача которой состоит в исследовании проблем, которые возникают при взаимодействии пользователей с компьютерными системами. Результатом этих исследований является разработка стандартов для различных аспектов программной реализации интерфейса пользователя, таких, например, как используемые цветовые схемы, рекомендуемое разрешение экрана, оптимальная структура навигационного интерфейса и т. п. [7, 8].

Адаптивные человеко-компьютерные интерфейсы

Одним из важнейших критериев оценки качества интерфейса является его эффективность. Говоря простыми словами, эффективный интерфейс должен предоставлять пользователю доступ ко всем необходимым элементам и не отвлекать его от выполнения основной задачи. Разработка эффективных человеко-компьютерных интерфейсов является сложной проблемой. Ввиду того что сами пользователи обладают различными свойствами и решаемые ими задачи также постоянно меняются, невозможно предложить один, наилучший с точки зрения эффективности, интерфейс, который удовлетворил бы все потребности разнородных пользователей с учетом их целей и решаемых задач.

Так как действительно эффективный интерфейс должен учитывать особенности пользователя (включая его потребности, мотивацию и спектр решаемых задач), широкое развитие получили исследования в области создания адаптивных пользовательских интерфейсов (Adaptive User Interface), а также подходы проектирования интерфейсов, ориентированные на пользователя (User-centered design) [9]. Теоретические основы работ в этом направлении были заложены еще в 1980-х гг. [10, 11], однако практически значимые результаты были получены только спустя около тридцати лет.

Адаптивный интерфейс пользователя — это интерфейс, обладающий свойствами, позволяющими ему изменять свой состав и структуру так, чтобы наилучшим возможным образом соответствовать потребностям пользователя в момент решения задачи [12, 13]. Таким образом, адаптивный интерфейс позволяет выдавать более релевантную информацию на запрос пользователя. Повышение уровня релевантности происходит на основе учёта сведений о пользователе, содержащихся в информационной системе, а также о возможностях отображения информации системой [14, 15].

В разработке адаптивных пользовательских интерфейсов существует два основных направления: адаптация представления информации и адаптация (перестроение) навигационных структур интерфейса.

Адаптация представления информации чаще всего связана с изменением объема информации, предоставляемой пользователю. Объем выдаваемой информации рассчитывается таким образом, чтобы он, с одной стороны, был достаточен для решения задачи (этапа задачи), а с другой стороны, не был избыточен для данного пользователя, так как лишняя информация, который конкретный пользователь не в состоянии понять или воспринять, приводит к утомляемости пользователя и возникновению эффекта так называемой когнитивной перегрузки [16].

Адаптация (перестроение) навигационных структур направлена на то, чтобы оптимизировать путь к решению задачи для конкретного пользователя с помощью изменения элементного состава интерфейса путём введения одних элементов и сокрытия других. Для эффективной адаптации навигационной структуры интерфейса необходимо иметь представление о конечной цели пользователя. Поэтому такой тип адаптации часто применяется для обучающих систем или систем диагностики, то есть для таких систем, где заранее известна и может быть описана желаемая цель, к достижению которой посредством использования компьютерной системы стремится пользователь [17].

Модели пользователя в адаптивных человеко-компьютерных интерфейсах

Одной из наиболее сложных проблем в создании адаптивных интерфейсов пользователей является проблема описания пользователя. Компьютерная система, реализующая адаптивный интерфейс, должна поддерживать различные уровни реализации интерфейса в зависимости от конкретных особенностей пользователя. Список таких особенностей существенно различается в зависимости от контекста использования системы и может включать в себя сведения об индивидуальных особенностях пользователя (поле, возрасте, биологических факторах, психологических и когнитивных особенностях и др.), социальных особенностях (образовании, наличии семьи, занимаемой должности и др.), профессиональных особенностях (уровне образования, опыте работы с подобными компьютерными системами и др.), культурных особенностях (национальных, особенностях социальной группы и др.) и многих других. Кроме того, необходимо также учитывать и контекст решения пользователем задач. В этом смысле актуализируются такие понятия, как: мотивация, цель, условия выполнения задачи, осведомленность пользователя, когнитивная нагрузка и др. [18]. Также стоит отметить, что получение и интерпретация информации о пользователях, в том числе и от самих пользователей, с целью определения и последующего прогнозирования вида и объема их потребностей также является сложной научной задачей, не имеющей стандартного решения на сегодняшний день.

В некоторой степени эти задачи можно решить с помощью подходов проектирования интерфейсов, ориентированных на пользователя. Под проектированием, ориентированным на пользователя (*user-centered design*) или *user-driven development*), понимается такой процесс проектирования, в котором большое внимание уделяется потребностям пользователя, его характеристикам, задачам, которые он будет решать посредством использования компьютерной системы, а также его опыту (*User eXperience, UX*), полученному при работе с подобными системами ранее [19]. В связи с этим одним из важнейших элементов проектирования, ориентированного на пользователя, является понятие персоны или персонажа, представляющего собой обобщенную модель (архетип) пользователя или группы пользователей. Такие персонажи могут включать в себя самые разные характеристики пользователей — от половозрастных до описания профессиональных навыков, привычек, моделей поведения и т. д. Персонажи обычно создаются для того, чтобы дать проектировщику общее представление о группе пользователей компьютерной системы, и требуют уточнения на этапе практической разработки интерфейсов.

Таким образом, для реализации эффективных адаптивных интерфейсов важнейшим элементом является адекватная и достаточно подробная модель пользователя, отражающая его основные характеристики, имеющие значение для человеко-компьютерного взаимодействия в процессе решения пользователем задач с помощью средств компьютерной системы.

Основы методологической базы в области моделирования пользователей были заложены довольно давно [20, 21]. В настоящее время для создания адекватных и полезных с практической точки зрения моделей существует ряд известных подходов в области пользовательского моделирования [22]. Все модели пользователя человеко-компьютерных систем можно условно разделить на четыре основных типа.

Статические модели пользователей. В основе этих моделей лежат статичные наборы данных о пользователях. Такие данные собираются один раз, например при регистрации пользователя в системе, и не изменяются на всем протяжении работы пользователя. Достоинством таких моделей является относительная простота и скорость их создания. Недостатком является невозможность учесть в модели изменения в поведении пользователей с течением времени. Это самый простой тип моделей, имеющий ограниченное применение и малую эффективность в сложных компьютерных системах.

Динамические модели пользователей. Эти модели поддерживают механизмы накопления информации о пользователе в процессе взаимодействия с системой и инструменты обновления используемой модели пользователя. Достоинством таких моделей является возможность поддержания модели пользователя в актуальном состоянии. Таким образом, модель может учитывать изменения, касающиеся опыта пользователя при работе с системой, его уровня квалификации, интересов, целей, потребностей и других значимых характеристик. Недостатками являются большая сложность по сравнению со статическими моделями и необходимость реализации сложных механизмов обновления информации о пользователе.

Стереотипные модели. Эти модели основаны на использовании стереотипов пользователей. Под стереотипом понимается обобщенная, типичная для некоторой группы модель пользователя. Стереотипные модели позволяют проводить классификацию пользователей по заданным стереотипам на основе собранной о них информации.

Одним из главных достоинств этого типа моделей является возможность строить прогнозы о характеристиках и поведении пользователя при отсутствии части информации о нем. При правильном определении стереотипа пользователя его характеристики и поведение будут соответствовать характеристикам и поведению других пользователей с таким же стереотипом. После определения множества стереотипов человеко-компьютерная система адаптирует интерфейс не для каждого конкретного пользователя, а для его стереотипа, что существенно упрощает используемые механизмы адаптации.

К недостаткам этого типа моделей можно отнести сложность решения задачи по созданию оптимального множества стереотипов. Множество стереотипов, с одной стороны, должно хорошо описывать всех пользователей системы, включая потенциальных. С другой стороны, множество стереотипов не должно быть избыточным, то есть в нем не должно быть неиспользуемых стереотипов или стереотипов со слишком малым количеством пользователей. Кроме того, в настоящее время нет четких правил или рекомендаций о том, как сформировать оптимальное множество стереотипов, какие характеристики необходимо включать в стереотипы, какие из них более важны и т. д. Также можно отметить, что ошибки, допущенные при формировании множества стереотипов, оказывают негативное влияние на эффективность работы человеко-компьютерной системы довольно длительное время. При этом изменение уже используемого множества стереотипов в работающей системе является сложной задачей, связанной с дополнительными издержками. Еще одним недостатком стереотипных моделей является то, что они не способны учитывать некоторые личные особенности пользователя, не укладывающиеся в стереотип, но имеющие существенное значения для решения пользователем задачи. Для большинства человеко-компьютерных систем эта проблема не является ключевой. Однако для таких систем, как, например, системы поддержки принятия решений, экспертные системы, советующие системы и для других сложных систем, подразумевающих привлечение экспертов, специалистов узкой предметной области, эта проблема становится актуальной.

Высокоадаптивные модели. Эти модели, в отличие от стереотипных моделей, нацелены на представление отдельных пользователей, то есть система оперирует индивидуальной моделью, созданной для каждого конкретного пользователя, а не для группы или класса пользователей. Достоинством таких моделей является возможность обеспечить максимальную адаптивность интерфейса человеко-компьютерной системы, предоставляя фактически индивидуальную реализацию интерфейса для каждого пользователя системы. Недостатком является самая большая сложность создания таких моделей по отношению ко всем другим типам. Высокоадаптивные модели предъявляют очень высокие требования к количеству, качеству, точности и адекватности информации о пользователе, которую необходимо получить для создания модели.

Полученные таким образом модели пользователя используются для разработки эффективных, адаптирующихся под пользователя и учитывающих его особенности и характеристики человеко-компьютерных интерфейсов. Способы и степень адаптации зависят от назначения системы и потребностей пользователя. Преобладающим подходом являются предварительная обработка информации, выдаваемой пользователю системой, и представление только той информации, которая, по мнению системы, соответствует задачам пользователя и его уровню квалификации и знаний. При этом информация и некоторые функции самой системы, которые, по мнению системы, не имеют отношения к решаемым пользователем задачам, не отображаются вовсе или отображаются при выполнении пользователем дополнительных действий [23]. Для практической реализации адаптивных интерфейсов, основанных на интерпретации системой модели пользователя, в настоящее время наибольшее распространение получили две группы методов — методы коллаборативной (совместной) фильтрации (collaborative filtering) и методы фильтрации на основе правил (rule-based filtering) [24].

Когнитивная и ментальная модели пользователя

Во многих работах, посвященных разработке эффективных человеко-компьютерных интерфейсов, упоминаются такие понятия, как ментальная модель пользователя или когнитивная модель пользователя. Основное назначение этих моделей заключается в том, чтобы адаптировать работу информационной системы под конкретного пользователя. Адаптация происходит за счет того, что с помощью применения модели становится возможным учесть индивидуальные характеристики пользователя, связанные с особенностями восприятия и обработки информации.

Сопоставив различные определения понятий «ментальный» и «когнитивный», можно сказать, что они находятся в одном семантическом поле и связаны с умственной, мыслительной деятельностью человека, направленной на познание окружающего мира и получение новых знаний. При этом, несмотря на то что понятия «ментальная модель» и «когнитивная модель» используются в научных исследованиях, связанных с человеко-компьютерным взаимодействием уже довольно давно, они до сих пор не имеют универсального, четкого и однозначного определения. Более того, при анализе определений разных авторов, даже работающих в одной предметной области, можно заметить смешение понятий ментального и когнитивного. В связи с этим имеет смысл более подробно разобраться с основными определениями указанных понятий, прежде чем приступить к следующему этапу работ.

Можно отметить тот факт, что в работах различных авторов используются довольно близкие определения понятий ментальной и когнитивной моделей. Иногда одно из них определяется через другое, что вносит еще большую путаницу в понимание. Также некоторые авторы предпочитают давать свои собственные, ситуативные определения, удобные в рамках их текущей работы, не согласуя свои определения с аналогичными работами. Часто выбор в пользу употребления того или иного термина обуславливается традицией или научной школой, к которой принадлежит автор, или конкретной областью исследования, в которой уже закрепились одно из определений понятия, пусть даже и недостаточно полное и корректное. В результате мы имеем ситуацию, когда авторы используют разные термины, но имеют в виду одно и то же понятие или, наоборот, используют одинаковый термин для различных понятий.

В данной работе мы не ставим себе цели дать полное, универсальное, четкое и всеобъемлющее определение понятий «ментальный» и «когнитивный». С этой задачей гораздо лучше справятся специалисты в области философии, гносеологии, семиотики, психологии и различных когнитивных наук. Мы делаем попытку дать утилитарные, рабочие определения понятиям «ментальная модель пользователя» и «когнитивная модель пользователя» в контексте разработки адаптивных человеко-компьютерных интерфейсов для работы с пространственно-временными данными.

Так как наши исследования направлены прежде всего на разработку технологий формирования адаптивных геоинтерфейсов информационных систем, предназначенных для повышения эффективности работы пользователя с пространственно-временными данными, при определении рабочих понятий мы должны учитывать имеющийся опыт как в области информатики, так и в области географических и когнитивных наук.

Ментальные и когнитивные свойства присущи прежде всего живым организмам, но часть из них может быть перенесена и на искусственные системы, например, при создании когнитивных интерфейсов пользователя [25, 26]. Для успешного решения этой задачи необходимо иметь представление об основах взаимодействия человека с геоданными. Такое взаимодействие включает в себя множество различных аспектов, среди которых можно выделить восприятие пространственных данных пользователем, представления пользователя о пространстве в целом и об исследуемом фрагменте пространства, способы понимания и выражения пространственно-временных отношений между объектами и другие. В этом смысле интерес могут представлять некоторые элементы теории пространственного познания (*spatial cognition theory*). Под пространственным познанием (*spatial cognition*) понимается отрасль когнитивной психологии, которая изучает вопросы того, каким образом люди приобретают, хранят, обрабатывают и используют знания об окружающем их пространстве для решения таких базовых задач, как определение своего местонахождения, навигация в пространстве с целью получения необходимых ресурсов, поиск дороги к пункту назначения и т. п. [27]. В рамках данного направления разрабатывается система теоретических представлений о том, как люди воспринимают, обрабатывают, интерпретируют, используют пространственно-временную информацию и взаимодействуют с окружающим миром на её основе.

В России подобными проблемами занимаются научные направления когнитивной и гуманитарной географии, основы которой в нашей стране были заложены Д. Н. Замятиным [28]. Когнитивная география, с одной стороны, тесно связана с когнитивистикой, которая изучает широкий круг вопросов, связанных с теорией познания, интеллектом, когнитивной психологией и другими аспектами интеллекта и разума человека, а с другой стороны, с различными направлениями географии, такими как культурная география и гуманитарная география. В основе когнитивной географии лежит бихевиористский подход, обогащенный средствами и методами когнитивных наук. В сферу вопросов, изучаемых когнитивной географией, входят практически все вопросы, связанные с представлением пространства человеком, а также изучение механизмов формирования и способов использования этих представлений [29–31].

Гуманитарная география развивается на стыке традиционной географии, когнитивной науки, антропологии и других дисциплин. Предметом ее изучения являются способы, используемые человеком, для представления окружающего пространства и интерпретации как самого пространства, так и способов его представления. В отличие от других направлений географии, гуманитарная география уделяет большое внимание ментальной (в смысле, умственной, мыслительной) деятельности человека при работе с пространственно-временными данными [32, 33].

Однако, если сделать краткий обзор работ в области гуманитарной географии, можно легко заметить, что, когда речь заходит о восприятии пространственной информации человеком, понятия «ментальная модель» и «когнитивная модель» используются довольно неаккуратно [34]. Фактически авторы, изучая одно и то же явление (репрезентацию геоинформации в сознании человека), используют для его обозначения разные термины. Одна часть авторов использует термин ментальная модель / ментальная карта (*mental model / mental map*), в то время как другая часть авторов использует термин когнитивная модель / когнитивная карта (*cognitive model / cognitive map*). Такая ситуация наблюдается как в англоязычных [35–37], так и в русскоязычных статьях [38, 39], что вносит существенную путаницу при попытке использовать методы гуманитарной географии за пределами этой науки.

Для нашей дальнейшей работы очень важно разграничить понятия ментальной и когнитивной моделей пользователя, поэтому рассмотрим в качестве примера несколько определений.

Ментальная модель пользователя — это концептуализация или внутреннее объяснение пользователем того, как работает конкретная система [40].

Ментальные модели — это убеждения пользователя о любой системе или взаимодействии. В большинстве случаев убеждение будет до некоторой степени напоминать реальную модель. Ментальные модели важны, потому что пользователи будут планировать и прогнозировать будущие действия в системе на основе своих ментальных моделей [41].

Ментальная модель — это то, что пользователь думает о системе. Она основана на убеждениях, а не на фактах, то есть это модель того, что пользователи знают (или думают, что знают) о системе [42].

Когнитивная модель представляет собой аппроксимацию одного или нескольких когнитивных процессов у людей в целях понимания и прогнозирования [43].

Когнитивная модель является способом описания или прогнозирования эффективности работы пользователя посредством обобщенного представления того, как тот или иной тип пользователя будет взаимодействовать с системой. Модель позволяет разработчику рассмотреть последствия проектных решений и примерно определить возможные подходы к проектированию до получения прямой обратной связи от пользователя. Она должна быть основана на предварительном анализе пользователей для того, чтобы разработчик мог иметь некоторую уверенность в способности модели представлять то, как пользователь может думать (рассуждать) или взаимодействовать [44].

Когнитивные модели — это компьютерные программы, которые имитируют работу человека. Они полезны для разработки человеко-компьютерного взаимодействия, так как позволяют предсказывать время выполнения задач, помогая пользователям и выступая в качестве суррогатных пользователей [45].

Из приведенных определений видно, что понятия ментальной и когнитивной моделей пользователя довольно схожи между собой. Несмотря на то что отдельные отличия в указанных определениях всё же существуют, различить, о каком именно понятии идет речь, по этим определениям без учета контекста может быть довольно сложно, так как оба понятия связаны с мыслительной

деятельностью человека или познавательными механизмами сознания пользователя. Однако, на наш взгляд, ментальная модель пользователя и когнитивная модель пользователя не являются синонимами и при разработке человеко-компьютерного интерфейса их следует четко различать.

С учетом контекста и тематики наших работ, на данном этапе мы предлагаем ввести следующие рабочие определения, которые мы планируем использовать в дальнейшей работе. Под ментальной моделью пользователя мультипредметной географической информационной системы мы будем понимать общую ментальную картину мира пользователя, которая включает в себя не только представления пользователя о программной системе, с которой он работает в данный момент, но и все доступные представления и убеждения обо всей окружающей действительности, включая профессиональную деятельность, в сознании пользователя. Под когнитивной моделью пользователя мультипредметной географической информационной системы мы будем понимать описание способов, механизмов, процедур и привычек в области когнитивных процессов пользователя. То есть когнитивная модель пользователя позволяет получить представление о том, каким образом пользователь осмысливает происходящее вокруг, обрабатывает поступающую информацию, получает новые знания, строит выводы, для обеспечения лучшего понимания ожиданий пользователя от системы и прогнозирования его действий.

Заключение

Рассмотрены наиболее распространенные подходы к созданию пользовательских моделей в информационных системах, а также некоторые вопросы, связанные с созданием моделей пользователя, имеющие важное значение для последующей работы. В частности, рассмотрены и уточнены понятия человеко-машинного и человеко-компьютерного интерфейсов, адаптивных человеко-компьютерных интерфейсов, моделирования пользователя в адаптивных человеко-компьютерных интерфейсах, когнитивной и ментальной моделей пользователя.

Список источников

1. Справочник по УДК [Электронный ресурс]. URL: <https://teacode.com/online/udc> (дата обращения: 05.11.2022).
2. Стандарт IEC 60447:2004. Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification — Actuating principles. Введен 2004–01–12. International Standard, 2004. 45 p.
3. Blanchard H. International Standards on Human-Computer Interaction: What is Out There and How Will it be Implemented? // Seventh International Conference on Human-Computer Interaction (San Francisco, USA, August 24–29, 1997). San Francisco: Elsevier, 1997. Vol. 1. P. 599–602.
4. Стандарт ISO/IEC/IEEE 26514:2022. Systems and software engineering — Requirements for designers and developers of user documentation. Введен 2022–01–14. International Standard, 2022. 64 p.
5. Стандарт ISO/IEC/IEEE 24765:2017. Systems and software engineering — Vocabulary. Введен 2017–09–06. International Standard, 2017. 522 p.
6. Cooper A. et al. About Face: The Essentials of Interaction Design. 4th ed. Wiley, 2014. 720 p.
7. Human-computer interface [Электронный ресурс] // A Dictionary of Computing. Encyclopedia.com. 2022. URL: <https://www.encyclopedia.com/computing/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/human-computer-interface> (дата обращения: 05.11.2022).
8. Wesolko D. Peter Morville’s User Experience Honeycomb [Электронный ресурс] // Medium.com, 2016. URL: <https://danewesolko.medium.com/peter-morvilles-user-experience-honeycomb-904c383b6886> (дата обращения: 05.11.2022).
9. Shishaev M., Dikovitsky V., Lapochkina L. The experience of building cognitive user interfaces of multidomain information systems based on the mental model of users // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Vol. 574. P. 281–290.
10. Pea R. User Centered System Design-New Perspectives on Human/Computer Interaction // Journal of Educational Computing Research. 1997. Vol. 3 (1). P. 129–134.
11. Norman D. A., Draper S. W. User Centered System Design: New Perspectives on Human-computer Interaction. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 1986. 544 p.

12. Schneider-Hufschmidt M. et al. Adaptive User Interfaces: Principles and Practice. Maarssen, Netherlands: Elsevier Gezondheidszorg, 1993. 365 p.
13. Dix A., Finlay J., Abowd G. D. et al. Human-Computer Interaction. Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship. N. Y.: Springer, 2013. 869 p.
14. Oppermann R. Adaptive User Support: Ergonomic Design of Manually and Automatically Adaptable Software. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 268 p.
15. Miraz M. H., Excell P. S., Ali M. Culturally Inclusive Adaptive User Interface (CIAUI) Framework: Exploration of Plasticity of User Interface Design // International Journal of Information Technology and Decision Making. 2021. Vol. 20. P. 199–224.
16. Kortschot S. W., Jamieson G. A., Prasad A. Detecting and Responding to Information Overload with an Adaptive User Interface. Human Factors // The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2020. Vol. 64 (4). P. 675–693.
17. Tagirova L. F., Subbotin A. V., Zubkova T. M. Software development system for creation adaptive user interfaces // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2022. Vol. 22 (4). P. 751–759.
18. Solso R., MacLin K., MacLin O. Cognitive Psychology. 8th Edition. Allyn & Bacon, 2008. 592 p.
19. Rubin J., Chisnell D., Spool J. Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests. 2nd Edition. Hoboken, NJ, United States: Wiley, 2011. 384 p.
20. Fischer G. User Modeling in Human-Computer Interaction // User Modeling and User-Adapted Interaction. 2001. Vol. 11. P. 65–86.
21. Hothi J., Hall W. An Evaluation of Adapted Hypermedia Techniques Using Static User Modelling // Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia (Pittsburgh, USA, June 20–24, 1998). P. 45–50.
22. Piao G., Breslin J. G. Inferring User Interests in Microblogging Social Networks: A Survey // User Modeling and User-Adapted Interaction. 2018. Vol. 28 (3). P. 277–329.
23. Johnson A., Taatgen N. User Modeling. Handbook of human factors in Web desig. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2005. P. 424–438.
24. Montaner M., López B., de la Rosa J. L. A Taxonomy of Recommender Agents on the Internet // Artificial Intelligence Review. 2003. Vol. 19. P. 285–330.
25. Шишаев М. Г. Методические основы когнитивных интерфейсов мультипредметных ИС // Труды Кольского научного центра РАН. 2015. № 3 (29). С. 33–42.
26. Vicentiy A., Vicentiy I. The Method of Dynamic Visualization of Spatial Data for Cognitive Interfaces of Information Systems Supporting Regional Management // International Multidisciplinary Scientific GeoConference “Surveying Geology and Mining Ecology Management”. 2019. Vol. 19. P. 667–672.
27. Waller D., Nadel L. Handbook of spatial cognition / American Psychological Association. 2013. 294 p.
28. Замятин Д. Н. Моделирование географических образов: Пространство гуманитарной географии. Смоленск: Ойкумена, 1999. 256 с.
29. Митин И. И. От когнитивной географии к мифогеографии: интерпретации пространства и места // Первая российская конференция по когнитивной науке (Казань, 9–12 октября 2004 г.). Тезисы докладов. Казань: КГУ, 2004. С. 163–165.
30. Замятина Н. Ю. Когнитивная география. Программа учебной дисциплины // Гуманитарная география: Научный и культурно-просветительский альманах / Белоусов С., Вахрушев В., Глушкова И. и др. ; отв. ред. И. И. Митин; сост. Д. Н. Замятин. Вып. 5. М.: Институт наследия, 2008. С. 406–412.
31. Замятина Н. Ю. Когнитивная география: предмет и основные понятия // Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран / под ред. А. С. Фетисова, И. С. Ивановой, И. М. Кузиной. М.; Смоленск: Ойкумена, 2009. С. 57–69.
32. Замятин Д. Н. Гуманитарная география (Материалы к словарю гуманитарной географии) // Гуманитарная география: Научный и культурно-просветительский альманах / Андреева Е., Белоусов С., Галкина Т. и др. ; сост., отв. ред. Д. Н. Замятин. Вып. 2. М.: Институт Наследия, 2005. С. 332–334.

33. Гладкий Ю. Н., Петров А. Н. Гуманитарная география: понятийный статус и самоидентификация // Известия РАН. Сер. геогр. 2008. № 3. С. 15–25.
34. Mitin I. I. Mental maps as an instrument of complex cultural geographical research: the analysis of approaches // Geographical Bulletin. 2018. № 4 (47). P. 21–33.
35. Kitchin R. M. Cognitive maps: What are they and why study them? // Journal of Environmental Psychology. 1995. Vol. 14. P. 1–19.
36. Росоцк D. Some characteristics of mental maps: an empirical study // Transactions of the Institute of British Geographers. 1976. Vol. 1. P. 493–512.
37. Waterman S., Gordon D. A Quantitative-comparative Approach to Analysis of Distortion in Mental Maps // Professional Geographer. 1984. Vol. 36 (3). P. 326–337.
38. Тимофеева Т. Н. Когнитивные карты города Кяхта // Культурная и гуманитарная география. 2013. Т. 2, № 1. С. 53–64.
39. Коваленко И. М. Ментальные карты административного устройства Украины и Крыма (по пространственным знаниям жителей г. Симферополя) // Записки общества геоэкологов. 2000. Вып. 3. С. 23–30.
40. Hartson R., Pyla P. The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience. San Diego: Morgan Kaufmann, 2013. 968 p.
41. Mental models in UX [Электронный ресурс] // Diegovz. 5 ноября 2020. URL: <https://diegovz.com/en/blog/mental-models-in-ux> (дата обращения: 05.11.2022).
42. Nielsen J. Mental Models [Электронный ресурс] // NN/g. October 17, 2010. URL: <https://www.nngroup.com/articles/mental-models> (дата обращения: 05.11.2022).
43. Sun R. The Cambridge Handbook of Computational Psychology. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2008. 768 p.
44. Cognitive Models [Электронный ресурс] // Usability Body of Knowledge. URL: <https://www.usabilitybok.org/cognitive-models> (дата обращения: 05.11.2022).
45. Ritter F., Baxter G., Young R. User interface evaluation: How cognitive models can help. MA: Addison-Wesley, 2001. P. 125–147.

References

1. *Spravochnik po UDK* [Reference book on UDC]. (In Russ.). Available at: <https://teacode.com/online/udc> (accessed 05.11.2022).
2. IEC 60447:2004. Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification — Actuating principles. Introduced 2004–01–12, International Standard, 2004, 45 p.
3. Blanchard H. International Standards on Human-Computer Interaction: What is Out There and How Will it be Implemented? *Seventh International Conference on Human-Computer Interaction* (San Francisco, USA, August 24–29, 1997). San Francisco, Elsevier, 1997, vol. 1, pp. 599–602.
4. ISO/IEC/IEEE 26514:2022. Systems and software engineering — Requirements for designers and developers of user documentation. Introduced 2022–01–14, International Standard, 2022, 64 p.
5. ISO/IEC/IEEE 24765:2017. Systems and software engineering — Vocabulary. Introduced 2017–09–06, International Standard, 2017, 522 p.
6. Cooper A., Reimann R., Cronin D., Noessel C. *About Face: The Essentials of Interaction Design*. 4th ed. Wiley, 2014, 720 p.
7. Human-computer interface. A Dictionary of Computing, 2022. Available at: <https://www.encyclopedia.com/computing/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/human-computer-interface> (accessed 05.11.2022).
8. Wesolko D. Peter Morville’s User Experience Honeycomb. Available at: <https://danewesolko.medium.com/peter-morvilles-user-experience-honeycomb-904c383b6886> (accessed 05.11.2022).
9. Shishaev M., Dikovitsky V., Lapochkina L. The experience of building cognitive user interfaces of multidomain information systems based on the mental model of users. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2017, vol. 574, pp. 281–290.

10. Pea R. User Centered System Design-New Perspectives on Human/Computer Interaction. *Journal of Educational Computing Research*, 1997, vol. 3 (1), pp. 129–134.
11. Norman D. A., Draper S. W. *User Centered System Design: New Perspectives on Human-computer Interaction*. New Jersey, USA, Lawrence Erlbaum Associates, 1986, 544 p.
12. Schneider-Hufschmidt M., Kühme T., Malinowski U. *Adaptive User Interfaces: Principles and Practice*. Maarssen, Netherlands, Elsevier Gezondheidszorg, 1993, 365 p.
13. Dix Alan, Finlay Janet, Abowd Gregory D. et al. *Human-Computer Interaction. Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*. New York, Springer, 2013, 869 p.
14. Oppermann R. *Adaptive User Support: Ergonomic Design of Manually and Automatically Adaptable Software*. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 268 p.
15. Miraz M. H., Excell P. S., Ali M. Culturally Inclusive Adaptive User Interface (CIAUI) Framework: Exploration of Plasticity of User Interface Design. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 2021, vol. 20, pp. 199–224.
16. Kortschot S. W., Jamieson G. A., Prasad A. Detecting and Responding to Information Overload with an Adaptive User Interface. Human Factors. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2020, vol. 64 (4), pp. 675–693.
17. Tagirova L. F., Subbotin A. V., Zubkova T. M. Software development system for creation adaptive user interfaces. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2022, vol. 22 (4), pp. 751–759.
18. Solso R., MacLin K., MacLin O. *Cognitive Psychology*. Allyn & Bacon, 2008, 592 p.
19. Rubin J., Chisnell D., Spool J. *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. Hoboken, NJ, United States, Wiley, 2011, 384 p.
20. Fischer G. User Modeling in Human-Computer Interaction. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2001, vol 11, pp. 65–86.
21. Hothi J., Hall W. An Evaluation of Adapted Hypermedia Techniques Using Static User Modelling. *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia* (Pittsburgh, USA, June 20–24, 1998), pp. 45–50.
22. Piao G., Breslin J. G. Inferring User Interests in Microblogging Social Networks: A Survey. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2018, vol. 28 (3), pp. 277–329.
23. Johnson A., Taatgen N. User Modeling. *Handbook of human factors in Web design*. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 2005, pp. 424–438.
24. Montaner M., López B., de la Rosa J. L. A Taxonomy of Recommender Agents on the Internet. *Artificial Intelligence Review*, 2003, vol. 19, pp. 285–330.
25. Shishaev M. G. *Metodicheskie osnovy kognitivnykh interfejsov mul'tipredmetnykh IS* [Methodological foundations of cognitive interfaces of multi-subject IS]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN* [Proceedings of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences], 2015, no. 3 (29), pp. 33–42. (In Russ.).
26. Vicentiy A., Vicentiy I. The Method of Dynamic Visualization of Spatial Data for Cognitive Interfaces of Information Systems Supporting Regional Management. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference "Surveying Geology and Mining Ecology Management"*, 2019, vol. 19, pp. 667–672.
27. Waller D., Nadel L. *Handbook of spatial cognition*. American Psychological Association, 2013, 294 p.
28. Zamjatin D. N. *Modelirovanie geograficheskikh obrazov: Prostranstvo gumanitarnoj geografii* [Modeling of geographical images: The space of humanitarian geography]. Smolensk, Oikumena, 1999, 256 p. (In Russ.).
29. Mitin I. I. *Ot kognitivnoj geografii k mifogeografii: interpretacii prostranstva i mesta* [From cognitive geography to mythogeography: interpretations of space and place]. *Pervaja Rossijskaja konferencija po kognitivnoj nauke (Kazan', 9–12 oktjabrja 2004 g.)*. *Tezisi dokladov* [First Russian Conference on Cognitive Science (Kazan, October 9–12, 2004). Abstracts of reports]. Kazan, KSU, 2004, pp. 163–165. (In Russ.).
30. Zamjatina N. Ju. *Kognitivnaja geografija. Programma uchebnoj discipliny* [Cognitive geography. Academic discipline program]. *Gumanitarnaja geografija: Nauchnyj i kul'turno-prosvetitel'skij al'manah* [Humanitarian Geography: Scientific, Cultural and Educational Almanac]. Belousov S., Vakhrushev V., Glushkova I. et al. Vol. 5. Moscow, Heritage Institute, 2008, pp. 406–412. (In Russ.).

31. Zamjatina N. Ju. *Kognitivnaja geografija: predmet i osnovnye ponjatija* [Cognitive geography: subject and basic concepts]. *Voprosy jekonomicheskoy i politicheskoy geografii zarubezhnyh stran* [Issues of Economic and Political Geography of Foreign Countries]. A. S. Fetisova, I. S. Ivanova, I. M. Kuzina. Moscow, Smolensk, Oikumena, 2009, pp. 57–69. (In Russ.).
32. Zamjatin D. N. *Gumanitarnaja geografija (Materialy k slovarju gumanitarnoj geografii)* [Humanitarian geography (Materials for the dictionary of humanitarian geography)]. *Gumanitarnaja geografija: Nauchnyj i kul'turno-prosvetitel'skij al'manah* [Humanitarian Geography: Scientific, Cultural and Educational Almanac]. Andreeva E., Belousov S., Galkina T. et al. Vol. 2. Moscow, Heritage Institute, 2005, pp. 332–334. (In Russ.).
33. Gladkij Ju. N., Petrov A. N. *Gumanitarnaja geografija: ponjatijnyj status i samoidentifikacija* [Humanitarian geography: conceptual status and self-identification]. *Izvestia RAS, Ser. geogr.* [Proceedings of RAS. Series: Geography], 2008, no. 3, pp. 15–25. (In Russ.).
34. Mitin I. I. Mental maps as an instrument of complex cultural geographical research: the analysis of approaches. *Geographical Bulletin*, 2018, no. 4 (47), pp. 21–33.
35. Kitchin R. M. Cognitive maps: What are they and why study them? *Journal of Environmental Psychology*, 1995, vol. 14, pp. 1–19.
36. Pocock D. Some characteristics of mental maps: an empirical study. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 1976, vol. 1, pp. 493–512.
37. Waterman S., Gordon D. A Quantitative-comparative Approach to Analysis of Distortion in Mental Maps. *Professional Geographer*, 1984, vol. 36 (3), pp. 326–337.
38. Timofeeva T. N. *Kognitivnye karty goroda Kjahta* [Cognitive maps of the city of Kyakhta]. *Kul'turnaja i gumanitarnaja geografija* [Cultural and Human Geography], 2013, vol. 2, no. 1, pp. 53–64. (In Russ.).
39. Kovalenko I. M. *Mental'nye karty administrativnogo ustrojstva Ukrainy i Kryma (po prostranstvennym znanijam zhitelej g. Simferopolja)* [Mental maps of the administrative structure of Ukraine and Crimea (according to the spatial knowledge of residents of Simferopol)]. *West Societies of Geoecologists*, 2000, vol. 3, pp. 23–30. (In Russ.).
40. Hartson R., Pyla P. *The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience*. San Diego, Morgan Kaufmann, 2013, 968 p.
41. Mental models in UX. November 5, 2020. Available at: <https://diegovz.com/en/blog/mental-models-in-ux> (accessed 05.11.2022).
42. Nielsen J. Mental Models. October 17, 2010. Available at: <https://www.nngroup.com/articles/mental-models> (accessed 05.11.2022).
43. Sun R. *The Cambridge Handbook of Computational Psychology*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, 2008, 768 p.
44. Cognitive Models. Usability Body of Knowledge. Available at: <https://www.usabilitybok.org/cognitive-models> (accessed 05.11.2022).
45. Ritter F., Baxter G., Young R. *User interface evaluation: How cognitive models can help*. MA, Addison-Wesley, 2001, pp. 125–147.

Информация об авторе

А. В. Вицентий — кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Information about the author

A. V. Vicentiy — Candidate of Science (Tech.), Senior Research Fellow.

Статья поступила в редакцию 15.10.2022; одобрена после рецензирования 11.11.2022; принята к публикации 16.11.2022.
The article was submitted 15.10.2022; approved after reviewing 11.11.2022; accepted for publication 16.11.2022.