

ОБЗОРЫ

Текущее состояние изучения ментальных моделей пользователя компьютерных систем

Журавлев А.Д.¹

¹ Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия

Термин «ментальная модель пользователя» чаще всего рассматривается когнитивной психологией в рамках человеко-компьютерного взаимодействия. Целью данной статьи является проведение академического обзора классических и современных исследований, направленных на изучение фундаментальных свойств ментальной модели пользователя. Эта работа поможет систематизировать знания о теории ментальных моделей пользователя и ее ключевых отличиях от других когнитивных моделей, используемых в области когнитивной психологии и человеко-компьютерного взаимодействия. В статье будут рассмотрены основные подходы к выявлению ментальных моделей пользователя, их преимущества и недостатки, а также основные направления фундаментальных исследований данного концепта.

Ключевые слова: ментальные модели, человеко-компьютерное взаимодействие, пользовательский интерфейс, пользовательский опыт, когнитивная психология, психология пользователя

Введение

Ментальная модель пользователя – это *внутренняя концептуальная репрезентация реально существующей компьютерной системы, автоматически создаваемая в процессе взаимодействия с этой системой и ограниченная способностью пользователя обрабатывать информацию*. В представленном нами определении мы постарались указать наибольшее количество уникальных свойств, которыми обладает ментальная модель пользователя, для лучшего разграничения с другими типами моделей. Сейчас понятие ментальной модели является одним из немногих психологических конструктов, позволяющих описывать процесс мышления пользователя во время работы с программными интерфейсами.

В данной статье мы кратко рассмотрим историю развития теории ментальных моделей и различия в терминологии. Обратимся к классической теории ментальных моделей Джонсон-Лэйрда [Johnson-Laird, 1983], чтобы затем выделить особенности пользовательской ментальной модели и подчеркнуть свойства, отличающие ее от других, на первый взгляд схожих объектов, которые часто упоминаются в исследованиях человеко-компьютерного взаимодействия, например, таких как образ системы или концептуальная модель системы. Далее рассмотрим фундаментальные теоретические вопросы и методы исследования. В последнем разделе раскроем ключевые направления исследований, в которых активно используется ментальная модель пользователя.

Терминология и краткая история развития теории ментальных моделей

Исследования ментальных моделей начали проводиться задолго до появления самого термина и связанной с ним теории. Уже в 1943 году Кеннет Крейк (Kenneth C.) говорил о концепции «уменьшенных моделей реальности», используемых в процессе мышления [Johnson-Laird et al., 1998]. Он считал, что для того, чтобы мыслить, человеку необходимо преобразовать события окружающего мира во внутренние модели, которыми он может свободно манипулировать. Особое внимание он уделял структуре таких моделей, полагая, что связи внутри нее устроены аналогично явлениям физического мира, благодаря чему можно успешно моделировать окружающую действительность [Staggers, Norcio, 1993].

Схожие мыслительные конструкты изучали и после него, однако называли их по-разному: метафоры, аналогии, карты, наивные теории, внутренние

концепты и т.д. (для ознакомления с полным списком терминов см. [Volkamer, Renaud, 2013]). Дискуссии относительно терминологии ментальных моделей продолжаются, данный термин стал употребляться все шире и нуждается в более узких и конкретных определениях [Doyle, Ford, 1998]. Так, некоторые современные исследователи считают, что он может обозначать сразу несколько различных явлений, которые нужно разграничивать, и поэтому выделяют два различных подхода к его определению: ментальная модель как форма организации знания и ментальная модель как динамическая внутренняя система [Иваненко, 2020]. Однако с точки зрения автора данной статьи, оба вышеуказанных подхода говорят о различных функциях одного и того же конструкта, который можно описывать и как статичный образ в конкретный момент времени (форма организации знания), и как динамический процесс изменения такого статичного образа (динамическая система).

Наиболее распространенное определение ментальной модели было введено в научную психологию в 1983 году Ф. Джонсон-Лэйрдом, который развил концепт в полноценную теорию. Он считал, что для того, чтобы понимать и взаимодействовать с окружающим миром, люди образуют ментальные модели – сложные динамические системы, отражающие аспекты реального мира в мышлении человека [Johnson-Laird et al., 1983]. В понимании Джонсона-Лэйрда ментальные модели конструируются прямо во время взаимодействия с физической действительностью, процесс их создания и обновления является неосознаваемым для человека, а сама их структура должна полностью копировать реальную структуру моделируемого объекта, но не являться им на самом деле. Применив основные идеи теории ментальных моделей к лингвистике, Джонсон-Лэйрд смог вывести свою теорию языкового понимания, согласно которой читатель также образует ментальную модель повествования, никак не отражающую синтаксическую структуру предложений [Джонсон-Лэйрд, 1988].

Ментальная модель пользователя

Применение теории ментальных моделей не ограничилось лингвистикой. Так, в 1983 году Д. Норман одним из первых применил теорию ментальных моделей к области компьютерно-человеческого взаимодействия [Norman, 2014]. Его основными достижениями в данной сфере стали выделение базовых свойств ментальных моделей, а также терминологическое разделение ментальных моделей пользователя и других когнитивных

моделей, которые на тот момент активно обсуждались в области человеко-компьютерного взаимодействия: образ системы, концептуальная модель, концептуализация ментальной модели и др.

Норман понимал ментальную модель как внутреннее описание компьютерной системы пользователем. Такая модель, как он полагал, применяется пользователем для размышлений о программе компьютера и предсказания ее поведения после определенных действий. Исходя из этого, он считал, что для создания удобного программного обеспечения необходимо понимать, по каким правилам работает эта модель и какими свойствами обладает. Среди фундаментальных свойств, присущих всем ментальным моделям, Норман выделял [Norman, 2014]:

- динамичность;
- отсутствие целостности;
- экономичность (ограниченность в когнитивных ресурсах);
- ненаучность.

Помимо этого, Норман уделил значительное внимание важности разделения ментальных моделей пользователя и других когнитивных моделей, использующихся в человеко-компьютерном взаимодействии, таких как [Norman, 2014]:

- целевая система;
- концептуальная модель системы;
- образ системы (System Image);
- концептуализация ментальной модели пользователя.

Целевая система представляет собой реальный объект, с которым пользователь взаимодействует в реальном мире [Norman, 2014]. Так, целевой системой может выступать техническое устройство (например, калькулятор), а может и определенная программа на персональном компьютере (например, программа для работы с текстами или математическими расчетами).

Концептуальную модель системы осознанно конструирует дизайнер или разработчик системы во время проектирования [Norman, 2014]. Она может включать в себя представления о функциональности системы, ее структуре и способах взаимодействия с ней. Концептуальная модель системы не является ментальной моделью, так как создается осознанно, обладает относительной полнотой и чаще всего существует в реальности, но ее назначение заключается в том, чтобы ускорить и систематизировать процесс создания пользовательских ментальных моделей у других людей, менее знако-

мых с системой, поэтому при ее конструировании дизайнер должен стремиться к наибольшему совпадению с представлениями будущего пользователя, опираясь на опыт уже существующих систем. Однако следует помнить, что напрямую концептуальная модель влияет только на образ системы, а он, в свою очередь, уже может влиять на ментальную модель пользователя. Иногда концептуальную модель также называют дизайнерской ментальной моделью или представлением разработчика. Примером концептуальной модели будет являться иерархическая структура функционального меню приложения или схема переходов между экранами.

Образ системы – физическое изображение интерфейса, полученное в результате созданной в реальности структуры, включая документацию и инструкции [Gulliksen et al., 1996]. Воспринимая образ системы, человек создает свою ментальную модель – ментальную модель пользователя. Довольно часто термин ошибочно используется как синоним названного понятия вследствие отсутствия между ними четких границ, в том числе в работах самого Нормана. Следует помнить, что образ системы – это не ментальная репрезентация, а физическое отображение целевой системы, которое может восприниматься человеком. Примером образа системы будет любой интерфейс сайта или приложения, который видит пользователь на экране своего устройства.

И наконец, концептуализация ментальной модели пользователя (Scientist's conceptualization of the mental model) – это ментальная модель ментальной модели пользователя, которая создается исследователем (метамодель) [Norman, 2014]. Она может визуализироваться различными способами: диаграммой, графом, рисунком. Более подробно различные методы запечатления исследователем ментальной модели пользователя будут рассмотрены в следующем разделе.

Методы и фундаментальные теоретические вопросы

Несмотря на значительное количество работ, посвященных изучению ментальных моделей, большинство фундаментальных теоретических вопросов остаются без ответа. Обычно выделяют следующие основные теоретические вопросы [Rouse, Morris, 1986]:

- Из чего состоит ментальная модель?
- Как можно представить ментальную модель?
- Какие формы может принимать ментальная модель?

- Как отличаются ментальные модели новичков и экспертов?
- Как можно повлиять на ментальную модель?
- Как различные ментальные модели отделены друг от друга, где заканчивается одна модель и начинается другая?

Ментальные модели пользователя являются применением теории ментальных моделей в области человеко-компьютерного взаимодействия, что делает все эти вопросы актуальными и для нас. Некоторые исследователи отмечают, что со временем эти фундаментальные вопросы начали получать все меньше и меньше внимания [Zhang, 2008]. Однако мы считаем, что понятие ментальной модели пользователя обладает некоторыми исследовательскими преимуществами (например, меньшей абстрактностью и широтой), так как исследуемые нами системы имеют явные границы в виде самого технического устройства или конкретного приложения в нем, а также измеримым влиянием на эффективность работы носителя модели с системой. Так, можно считать время решения задач в системе и количество действий для достижения цели метриками, позволяющими анализировать ментальные модели пользователей. Поэтому мы полагаем, что именно такие исследования могут помочь получить ответы на фундаментальные вопросы теории.

Основными текущими проблемами в исследованиях является отсутствие общепринятого и достоверного метода, позволяющего извлекать ментальные модели пользователя во внешний мир (например, на бумагу), а затем корректно сравнивать их между собой [Rouse, Morris, 1986]. Некоторые исследователи даже выделяют в отдельное свойство ментальных моделей невозможность извлечения их из сознания без искажения [Richardson et al., 1994].

На практике используется относительно широкий спектр методов, применяемых для формализации ментальных моделей пользователя. Впрочем, ни один из них не может дать гарантии, что вы действительно измерите ментальную модель и ее свойства. Наиболее часто применяются такие методы, как концептуальная диаграмма, содержательный анализ, ориентированный граф и вербальный протокол. Далее мы рассмотрим эти методы более подробно и выделим их преимущества и недостатки.

Концептуальная диаграмма

В рамках данного метода испытуемого просят самостоятельно построить диаграмму, отобража-

ющую взаимосвязи между элементами системы. Такие элементы могут быть заранее выделены экспертом или определены с помощью качественного анализа. Связи на диаграмме в зависимости от изучаемой системы могут быть как направленными, так и ненаправленными, могут обозначать порядок взаимодействия, уровни доступа или определенные конкретные действия для каждой связи. Метод позволяет узнать содержание ментальной модели и ее внутреннюю структуру, в том числе отношения ее элементов друг к другу (подробнее об этом и других методах см. [Harper, Dorton, 2019]).

Главными плюсами метода являются его гибкость и простота. Однако при дальнейшем анализе могут возникнуть трудности при использовании количественных метрик и сравнении моделей пользователей между собой. Не так давно на основе этого метода был разработан полноценный настраиваемый инструмент для исследований ментальных моделей, частично решающий проблему сравнения – M-Tool [van den Broek et al., 2021]. Это веб-приложение для стандартизированного выявления ментальных моделей с целью их дальнейшего сравнения. Приложение подходит для исследований широких групп населения и не требует знания респондентами единого языка. Для обеспечения сопоставимости полученных результатов участники не вводят компоненты ментальной модели самостоятельно, а выбирают из набора картинок, которые представляют компоненты системы, заранее определенные исследователем. Приложение бесплатно и доступно всем желающим проводить исследования.

Содержательный анализ

При использовании данного метода испытуемого просят описать целевую систему (например, Google [Khoo et al., 2012]), а исследователь фиксирует эту информацию наиболее удобным способом: в частности, в форме рисунка, текста или аудиозаписи. Полученные данные подвергаются количественной обработке, а затем выделяются наиболее часто используемые термины или элементы рисунка. Данный метод лучше всего подходит для эксплораторных исследований, поскольку позволяет собирать информацию непосредственно от испытуемых, однако в этом заключается и его главный минус: полученная информация редко является полной, и исследователь никак не может гарантировать ее однородность и системность. Кроме того, сравнение моделей между собой с использованием этого метода затруднительно.

Таким образом, данный метод предоставляет возможность получить качественную информацию, но не позволяет провести сравнение и анализ моделей между собой.

Ориентированный граф/дерево

Ориентированный граф или дерево – это метод, при котором испытуемого просят выполнить различные задачи в целевой системе либо отбирают тех, кто уже имеет большой опыт работы с данной системой, а затем несколько раз просят вспомнить последовательность различных действий или концептов в системе из различных стартовых точек. По ответам испытуемого строится граф – математическая структура, состоящая из множества объектов, называемых узлами (или вершинами), и множества пар узлов, называемых ребрами. Узлами могут выступать понятия, концепции или элементы системы, а ребрами – связи между ними. Чаще всего такой граф является иерархическим, то есть каждый узел может иметь родительский узел и несколько дочерних узлов. Одним из примеров использования такого метода является исследование Рохлера, посвященное структурам знания учителей [Roehler et al., 1990].

Данный метод наиболее востребован в исследованиях, где необходимо работать со структурными характеристиками ментальных моделей или сравнивать модели пользователей (например, экспертов и новичков) между собой. Он считается наиболее информативным методом запечатления ментальной модели, позволяющим оценивать ее глубину, масштаб и структурные отношения между элементами.

Вербальный протокол

В отличие от содержательного анализа, при использовании данного метода исследователь просит испытуемого озвучивать свои мысли, действия, а также предполагаемые результаты и ожидаемые реакции системы на эти действия прямо во время выполнения задачи в целевой системе. Затем экспериментатор анализирует эти данные и делает вывод о связях между элементами целевой системы в ментальной модели испытуемого. Этот метод особенно полезен, когда задача требует от испытуемого много рассуждений и анализа для принятия решения [Harper, Dorton, 2019].

Основными минусами данного метода являются следующие: процесс вербализации мыслей испытуемым может повлиять на само решение задачи в системе, а также высказывания испытуемого о системе могут сильно отличаться от его реальных

представлений, то есть от его ментальной модели пользователя.

Итоги

Выбор подходящего метода запечатления ментальной модели все также остается сложной задачей без правильного ответа. Каждый из таких методов обладает своим набором плюсов и минусов, а большинство из них подходят, скорее, для экспериментальных и прикладных, чем для фундаментальных исследований. В реальности исследователю часто приходится адаптировать выбранный метод под цели своего исследования, что может привести к проблемам с валидностью полученных результатов.

Исследования ментальных моделей пользователя

В данном разделе мы рассмотрим несколько ключевых направлений исследований, таких как трансфер ментальных моделей пользователей, сравнение ментальных моделей «экспертов» и «новичков», влияние ментальных моделей на эффективность выполнения задач в целевой системе, пользовательское поведение и принятие решений, а также кратко обсудим результаты подобных исследований.

Трансфер

В когнитивной психологии существуют экспериментальные исследования, которые возможно провести лишь в определенный период и больше никогда. Именно к ним относится работа о переносе ментальной модели текстовой энциклопедии на ее электронную версию [Marchionini, 1989]. В данном исследовании испытуемые были разделены на три группы в зависимости от уровня языковых способностей (language arts abilities). Все пользователи успешно совершили трансфер ментальной модели. Однако те, кто полностью перенес всю структуру, включая особенности ее внутренней организации, затем показали худшие результаты работы с функционалом, доступным только в электронной библиотеке. То есть наилучшим исходом в данном случае был перенос ментальной модели лишь частично и построение на ее базе уже совершенно новой структуры.

Следует отметить, что нельзя обобщать эти результаты на любой процесс трансфера, ведь далеко не всегда используемые нами модели столь схожи, что одна система представляет собой улучшенный функционал другой системы. Также далеко не обязательно, что в процессе переноса участвовала

только модель печатной энциклопедии, наверняка были и другие модели, неучтенные исследователями (например, модель самого гаджета, с которого совершался вход, или поисковой строки).

Тем не менее, это исследование позволяет нам предположить, что при взаимодействии с новой системой, напоминающей нам старую, мы вначале руководствуемся ментальной моделью предыдущей системы. Это не только помогает нам быстрее понять, как функционирует новая система, но и ограничивает наше представление о ее возможностях, заставляя нас игнорировать новый функционал и работать с уже знакомым и ментально представленным. Возможно, это одна из причин, по которым люди отрицательно реагируют на изменение знакомого им интерфейса.

В другой работе исследователи пришли к выводу, что трансфер ментальных моделей пользователя может оказывать позитивный эффект на работу с новой системой, если уменьшить количество действий в задаче, но при условии, что действия в этих системах будут конгруэнтны [Tanaka, Yamaoka, 2009]. Это означает, что если пользователь уже овладел ментальной моделью одного продукта или устройства, и другой продукт или устройство имеет схожие или логически связанные операционные процедуры, то пользователю будет легче их освоить и использовать.

В таком случае мы можем говорить о том, что трансфер ментальной модели пользователя способен оказывать как позитивный, так и негативный эффект в зависимости от состава модели и конгруэнтности действий по работе с ней. Исходя из этого мы полагаем, что взаимодействие пользователя с новой системой обычно включает в себя определенную последовательность шагов, а именно:

- перенос уже имеющейся ментальной модели на новую систему;
- попытки перестроить эту ментальную модель под новую систему;
- осознание того, что имеющейся ментальной модели недостаточно для выполнения задачи;
- создание новой ментальной модели на базе старой или обновление и реконструкция старой.

Приведем пример. Пользователь по личным причинам переходит от использования операционной системы Windows к использованию операционной системы Linux. Он понимает, что и та, и та являются операционными системами, а потому они наверняка схожи. Происходит перенос ментальной модели предыдущей системы на новую. Пользователь видит схожие элементы: папки, файлы,

рабочий стол. Он уже имеет представление о том, что это, и с легкостью работает с ними до тех пор, пока функционал не отличается. Вместе с тем он перестраивает свою перенесенную ментальную модель Windows под новую систему, запоминая новые графические изображения и контекстные меню. Однако затем он натывается на глубокое различие – подключая дополнительное запоминающее устройство, хочет найти в операционной системе новый диск, созданный под новое устройство, но вместо этого в начале файлового дерева видит только корневую папку. Через какое-то время он находит файлы с нового запоминающего устройства, но испытывает дискомфорт, пытается работать с файловой системой так, как если бы это была все та же Windows с набором дисков в основании файловой системы, хотя осознает, что его текущая ментальная модель не соответствует действительности и мешает ему решать задачи. Затем происходит изменение ментальной модели Linux: пользователь начинает иначе представлять файловую систему, меняется и его подход к решению задач (например, к поиску файлов). Теперь у него есть новая ментальная модель операционной системы, которая все еще во многом наследует содержание старой, но уже имеет серьезные отличия.

Различия в ментальных моделях «экспертов» и «новичков»

Сравнение ментальных моделей экспертов и новичков в определенной области знания является одним из наиболее распространенных типов исследований ментальных моделей. Часто в таких исследованиях делается вывод о структурном различии ментальных моделей названных специалистов [Toker, Moseley, 2013; Björklund, 2013]. Ментальные модели экспертов обладают большей полнотой и глубиной, но это не всегда защищает профессионалов от совершения ошибок, идентичных ошибкам новичков. Мы предполагаем, что данное явление может быть связано с особенностями организации ментальных моделей.

В области человеко-компьютерного взаимодействия исследования такого рода усложняются необходимостью выделения собственных критериев для того, чтобы считать человека профессиональным пользователем целевой системы – экспертом. Н. Стаггерс выделила подобные критерии и поделила студентов на две группы по уровню владения программой SPSSX (статистический пакет для общественных наук). Она заметила, что новички были практически не способны озвучить свои

внутренние представления о системе, а во время выполнения задания всегда очень сильно полагались на инструкцию, содержащую порядок действий. Эксперты были гораздо свободнее в своих действиях, не боялись ошибок и имели несколько стратегий выполнения задачи [Staggers, Norcio, 1993].

Ментальные модели новичков всегда имели фрагментарный, неполный характер и были нацелены на определенный результат (Goal-oriented) – на использование функционала программы для достижения поставленной цели. Они фокусировались на последовательности действий, необходимых для выполнения задачи, а не на самой системе и ее возможностях. Однако наиболее заметным отличием, согласно Стаггера, была реакция пользователей на ошибки. Новички попадали в тупик, и единственным способом выхода из ситуации было взаимодействие с другим решателем или экспериментатором, тогда как профессионалы сразу имели представление о том, что могло пойти не так, и пытались разрешить возникшую проблему самостоятельно [Staggers, Norcio, 1993].

Носители более информационно наполненной пользовательской ментальной модели, то есть содержащей большее количество правильных элементов и взаимосвязей между ними, обладают более точными представлениями о структуре и функциональных возможностях целевой системы, но это не всегда приводит к разнице в поведении. Так, в исследовании ментальной модели интернета испытуемые с более наполненной пользовательской ментальной моделью демонстрировали лучшее понимание того, кто и как может получить доступ к их данным посредством всемирной паутины. Однако как новички, так и эксперты ориентировались на одни и те же подсказки, связанные с личным опытом, такие как эмблема безопасности на сайте или известное имя компании [Kang et al., 2015].

Некоторые исследования демонстрируют связь между превосходящей глубиной и детализацией ментальных представлений экспертов и более комплексным и активным подходом к задаче [Björklund, 2013]. В таком случае наличие более развитых ментальных моделей целевой системы может являться ключевым фактором эффективности пользователя. Мы чуть подробнее остановимся на этом в следующем разделе.

Также обнаружены различия в способах построения и в успешности применения ментальных моделей у различных обследованных групп. Воз-

растные пользователи демонстрируют сложности с построением иерархии в ментальной модели, вместо этого стремясь образовывать линейные ментальные структуры, хуже соответствующие целевой системе, и в итоге теряя способность правильно ориентироваться в функционале системы [Ziefle, Bay, 2004].

Влияние ментальных моделей на эффективность

Большинство исследователей заключают, что ментальная модель может оказывать влияние на эффективность использования целевой системы пользователем как напрямую [Ziefle, 2004; Sasse, 1997], так и косвенно, например, через влияние на выбор определенной стратегии в ходе работы [Slone, 2002; Alloatti et al., 2021]. Под эффективностью мы понимаем количество правильно решенных задач в системе за ограниченное время. Однако другие исследователи получили в своих экспериментах противоречащие результаты, показывающие, что пользователь с неправильной или неполной ментальной моделью может также хорошо справляться с поставленными задачами [Norman, 2003; Schmettow, Sommer, 2016].

Причинами столь разных результатов, как нам кажется, является то, что влияние ментальной модели на эффективность может сильно зависеть от специфики самой задачи и сложности целевой системы. Так, задачи, в которых испытуемому достаточно ограниченного числа функций целевой системы или которые выполняются простым набором последовательных действий, могут быть заметно менее требовательны к ментальной модели пользователя, а системы с высоким уровнем сложности могут снижать точность образующейся ментальной модели, которая понимается как степень сходства между внутренним представлением участника о системе и реальными взаимосвязями и динамикой в этой системе [Gary, Wood, 2024]. Некоторые исследователи также отмечают, что подобное влияние может зависеть и от уровня сходства ментальной модели пользователя с концептуальной моделью системы [Xie et al., 2017].

В целом вопрос о влиянии ментальной модели на эффективность использования целевой системы, а также о направлениях этого влияния остается открытым и требует проведения дополнительных экспериментальных исследований. Также стоит упомянуть, что пока такие работы недостаточно учитывают большое количество внешних переменных (например, индивидуальные особенности испытуемых). При этом подобные исследования

обладают высоким практическим потенциалом. Мы надеемся, что с ростом популярности и востребованности прикладных исследований пользовательского поведения возрастет и количество фундаментальных исследований психологии пользователя.

Влияние ментальных моделей на пользовательское поведение и принятие решений

Пользовательское поведение в работах такого типа понимается как результат влияния скрытых факторов, таких как цели пользователя, опыт работы с компьютерной системой и способность понимать ее знаки, на выбор и формирование рациональной стратегии взаимодействия с системой [Wu, Jokinen, 2024]. Популярность исследований такого типа сейчас активно растет в связи с повышенным вниманием к изучению пользовательского поведения в коммерческих электронных продуктах, а также активного распространения среди массового пользователя практики применения программного обеспечения нового типа – чат-бот с генеративным искусственным интеллектом.

Так, в одном из недавних экспериментов был предложен метод операционализации ментальной модели пользователя через его способность предсказывать, объяснять и контролировать ответы чат-бота [Tikhonov, DeDeo, 2023]. Для упрощения эксперимента все взаимодействие с чат-ботом происходило графически, с помощью небольших изображений, отражающих действие или эмоцию – эмодзи. Данное исследование было направлено на проверку сразу нескольких гипотез касательно ментальных моделей пользователя и пользовательского поведения в условиях изменяющейся сложности и доступности информации. Особого внимания заслуживают представленные в этой работе гипотезы о том, что в ситуации недоступности информации люди более склонны обращаться к своим ментальным моделям вместо простого запоминания и тактики сопоставления с образцом, а также что различные по сложности когнитивные процессы могут в разной степени опираться на использование ментальных моделей в зависимости от когнитивной сложности этих процессов. Результаты, на наш взгляд, во многом оказались неоднозначными и требуют дальнейшей проверки.

В рамках вопроса о влиянии ментальной модели пользователя на принятие решений интересна работа М. Гэри и Р. Вуд, в которой испытуемым предлагалось в специальной интерактивной симуляции управлять новым продуктом за счет приня-

тия решений об изменении цены и производственной мощности с целью получения максимальной прибыли [Gary, Wood, 2024]. Работа продемонстрировала не только значимое влияние точности ментальной модели пользователя на качество принимаемых им решений, но и подчеркнула влияние сложности, поставленной перед испытуемым задачи на точность образующейся ментальной модели.

Не перестают удивлять и достижения математического моделирования в области когнитивной психологии. В частности, Ч. Ву и Дж. Джокинен использовали математическую модель принятия решений Маркова, а также простой эксперимент с веб-игрой, в которой участники должны были добывать ресурсы в космосе, основываясь на скрытых характеристиках астероидов [Wu, Jokinen, 2024]. В своей работе они представили вычислительную модель, позволяющую прогнозировать поведение пользователя в системе, исходя из его ментальной модели. Далее они планируют протестировать эту модель на реальных задачах в области человеко-компьютерного взаимодействия, таких как поиск в меню и набор текста, а также добавить способность к самообучению, чтобы лучше моделировать итеративный процесс образования у пользователя ментальной модели. Развитие и успех данного направления исследований может позволить найти доступный способ определения наиболее вероятного пользовательского поведения без тестирования большого количества реальных пользователей, что, несомненно, стало бы прорывом в области изучения пользовательского опыта и дизайна пользовательского интерфейса.

Заключение

Исследования ментальных моделей пользователя остаются одним из важнейших направлений исследований человеко-компьютерного взаимодействия. Пользовательские ментальные модели позволяют нам изучать и описывать особенности внутренних мыслительных процессов человека во время взаимодействия с техническими устройствами и программами. Однако отсутствие общепринятого подхода к выявлению и запечатлению ментальных моделей пользователей сильно усложняет процесс их изучения. Мы надеемся, что появление новых инструментов таких как M-Tool и увеличение интереса к фундаментальным исследованиям психологии пользователя позволит упростить и систематизировать этот процесс.

Литература

Джонсон-Лэйрд Ф. (Johnson-Laird P.) Процедурная семантика и психология значения. Новое в зарубежной лингвистике, 1988, 23, 234–257.

Иваненко А.С. Теоретические подходы в исследовании ментальной модели. Азимут научных исследований: педагогика и психология, 2020, 9(1(30)), 358–361.

Allen R.B. Mental models and user models. In: Handbook of human-computer interaction. North-Holland, 1997. pp. 49–63.

Alloatti F., Cena F., Di Caro L., Ferrod R., Siragusa G. Towards Mental Model-driven Conversations. *CEUR Workshop Proceedings*. CEUR-WS, 2021. Vol. 2903, pp. 1–5.

Alloatti F., Di Caro L., Bosca A. Conversation Analysis, Repair Sequences and Human Computer Interaction-A theoretical framework and an empirical proposal of action. *Proceedings of DEEP-DIAL 2021*. pp. 1–4.

Bansal H., Khan R. A review paper on human computer interaction. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2018, 8(4), 53.

Bayman P., Mayer R.E. Instructional manipulation of users' mental models for electronic calculators. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1984, 20(2), 189–199.

Björklund T.A. Initial mental representations of design problems: Differences between experts and novices. *Design Studies*, 2013, 34(2), 135–160.

Brandt D.S., Uden L. Insight into mental models of novice Internet searchers. *Communications of the ACM*, 2003, 46(7), 133–136.

Craik, K. The nature of explanation. Cambridge: Cambridge University Press, 1943.

Doyle J.K., Ford D.N. Mental models concepts for system dynamics research. *System dynamics review the journal of the System Dynamics Society*, 1998, 14(1), 3–29.

Farooq M.U., Dominick W.D. A survey of formal tools and models for developing user interfaces. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1988, 29(5), 479–496.

Furlough C.S., Gillan D.J. Mental models: structural differences and the role of experience. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2018, 12(4), 269–287.

Gary MS, Wood RE. Mental models, decision making and performance in complex tasks. *Strategic Management Journal*, 2010, 32(6), 569–594.

Graham J., Zheng L., Gonzalez C. A Cognitive Approach to Game Usability and Design: Mental Model Development in Novice Real-Time Strategy Gamers. *CyberPsychology & Behavior*, 2006, 9(3), 361–366.

Gulliksen J., Sandblad B., Lind M. The nature of user interface design—the role of domain knowledge. Domain Knowledge for Interactive System Design. In: Sutcliffe, Benyon, Assche, 1996, pp. 167–180.

Hanisch K.A., Kramer A.F., Hulin C.L. Cognitive representations, control, and understanding of complex systems: a field study focusing on components of users' mental models and expert/novice differences. *Ergonomics*, 1991, 34(8), 1129–1145.

Harper S., Dorton S. A context-driven framework for selecting mental model elicitation methods. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2019. Vol. 63(1), pp. 367–371.

Hurtienne J. Cognition in HCI: An ongoing story. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2009, 5(1), 12–28.

Johnson-Laird P.N. Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Harvard University Press, 1983.

Johnson-Laird P.N., Giroto V., Legrenzi P. Mental models: a gentle guide for outsiders. *Sistemi intelligenti*, 1998, 9(68), 33.

Kang R., Dabbish L., Fruchter N., Kiesler S. {“My” Data Just Goes {“Everywhere:”} User Mental Models of the Internet and Implications for Privacy and Security. *Eleventh symposium on usable privacy and security (SOUPS 2015)*. 2015. pp. 39–52.

Katzeff C. System demands on mental models for a fulltext database. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1990, 32(5), 483–509.

Khoo M., Hall C. What would ‘Google’ do? Users' mental models of a digital library search engine. *Theory and Practice of Digital Libraries: Second International Conference (Proceedings 2)*, TPD 2012, Paphos, Cyprus, September 23–27, 2012. Springer Berlin Heidelberg, 2012. pp. 1–12. doi:10.1007/978-3-642-33290-6_1.

Krombholz K., Busse K., Pfeffer K., Smith M., Von Zezschwitz E. “If HTTPS Were Secure, I Wouldn't Need 2FA”—End User and Administrator Mental Models of HTTPS. *Proceedings of 2019 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*. IEEE, 2019. pp. 246–263.

Langan-Fox J., Code S., Langfield-Smith K. Team mental models: Techniques, methods, and analytic approaches. *Human factors*, 2000, 42(2), 242–271.

Marchionini G. Making the transition from print to electronic encyclopaedias: adaptation of mental models. *International journal of man-machine studies*, 1989, 30(6), 591–618.

Norman D.A. Design rules based on analyses of human error. *Communications of the ACM*, 1983, 26(4), 254–258.

Norman D.A. Some observations on mental models. In: *Mental models*. Psychology Press, 2014. pp. 15–22.

Richardson G.P., Andersen D.F., Maxwell T.A., Stewart T.R. Foundations of mental model research. *Proceedings of the 1994 International System Dynamics Conference*. EF Wolstenholme, 1994. pp. 181–192.

Roehler, L. R., Duffy, G. G., Conley, M., Herrmann, B. A., Johnson, J., & Michelson, S. Teachers' Knowledge Structures: Documenting Their Development and Their Relationship to Instruction. Research Series Report No. 192, Institute for research on teaching. East Lansing, MI: Michigan State University, 1990.

Rogers Y. Classical Theories. In: HCI Theory: Classical, Modern, and Contemporary. Cham: Springer International Publishing, 2012. pp. 21–29.

Rouse W.B., Morris N.M. On Looking into the Black Box: Prospects and Limits in the Search for Mental Models. *Psychological Bulletin*, 1986, 100(3), 349–363.

Sasse M.A. Eliciting and describing users' models of computer systems. PhD Thesis. University of Birmingham, UK, 1997.

Scielzo S., Fiore S.M., Cuevas H.M., Salas E. The utility of mental model assessment in diagnosing cognitive and metacognitive processes for complex training. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2002. Vol. 46(3), pp. 566–568. doi: 10.1177/154193120204600373

Slone D.J. The influence of mental models and goals on search patterns during web interaction. *Journal of the American society for information science and technology*, 2002, 53(13), 1152–1169.

Schmettow M., Sommer J. Linking card sorting to browsing performance—are congruent municipal websites more efficient to use? *Behaviour & Information Technology*, 2016, 35(6), 452–470.

Staggers N., Norcio A.F. Mental models: concepts for human-computer interaction research. *International Journal of Man-machine studies*, 1993, 38(4), 587–605.

Tanaka K., Yamaoka T. Understanding characteristics of the transfer of mental models in the use of electrical devices. *Psychologia*, 2010, 53(4), 256–266.

Tikhonov R., DeDeo S. Prediction, Explanation, and Control: The Use of Mental Models in Dynamic Environments. *Open Mind*, 2023, 7, 894–916.

Toker S., Moseley J.L. The mental model comparison of expert and novice performance improvement practitioners. *Performance Improvement Quarterly*, 2013, 26(3), 7–32.

van den Broek K.L., Klein S.A., Luomba J., Fischer H. Introducing M-Tool: A standardised and inclusive mental model mapping tool. *System Dynamics Review*, 2021, 7, 346–355.

Volkamer M., Renaud K. Mental models—general introduction and review of their application to human-centered security. In: *Number Theory and Cryptography: Papers in Honor of Johannes Buchmann on the Occasion of His 60th Birthday*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. pp. 255–280.

Westbrook L. Mental models: a theoretical overview and preliminary study. *Journal of Information Science*, 2006, 32(6), 563–579.

Wu C., Jokinen J.P. Modeling the impact of mental models on interactive decision-making and behavior. 16th International Conference on Human System Interaction (HSI), Paris, France, 2024, pp. 1-7, doi: 10.1109/HSI61632.2024.10613586.

Xie B., Zhou J., Wang H. How influential are mental models on interaction performance? exploring the gap between users' and designers' mental models through a new quantitative method. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2017, No. 1, 3683546.

Zhang Y. Undergraduate students' mental models of the Web as an information retrieval system. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2008, 59(13), 2087–2098.

Zieffle M., Bay S. Mental models of a cellular phone menu. Comparing older and younger novice users. *Proceedings of International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. pp. 25–37.

Zielinska O., Welk A., Mayhorn C.B., Murphy-Hill E. Exploring expert and novice mental models of phishing. *Proceedings of the 2015 Symposium and Bootcamp on the Science of Security*, 2015, 59(1), 1132–1136.

Поступила в редакцию: 28 декабря 2023 г. Дата публикации: 30 декабря 2024 г.

Сведения об авторах

Журавлев Артем Дмитриевич. Магистр психологических наук, Институт общественных наук, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, пр. Вернадского, д. 82, корп. 2, 119571 Москва, Россия.
E-mail: artem11102000@gmail.com

Ссылка для цитирования

Журавлев А.Д. Текущее состояние изучения ментальных моделей пользователя компьютерных систем. *Психологические исследования*. 2024. Т. 17, No 97. С. 1.
URL: <https://psystudy.ru>

Адрес статьи:

<https://doi.org/10.54359/ps.v17i97.1654>



The current state of research on user's mental models of computer systems

Zhuravlew A.D.¹

¹ The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Rus-sia

The term «user's mental model» is most studied in cognitive psychology within the framework of human-computer interaction. The aim of this article is to provide an academic review of classical and modern research focused on exploring the fundamental properties of the user's mental model. This work seeks to systematize knowledge about the theory of user's mental models and its key differences from other cognitive models utilized in the field of cognitive psychology and human-computer interaction. The article discusses the main approaches to identifying user mental models, their advantages and limitations, as well as key directions for fundamental research on this concept.

Keywords: mental models, human-computer interaction, user interface, user experience, cognitive psychology, user psychology

References

- Allen R.B. Mental models and user models. In: *Handbook of human-computer interaction*. North-Holland, 1997. pp. 49–63.
- Alloatti F., Cena F., Di Caro L., Ferrod R., Siragusa G. Towards Mental Model-driven Conversations. *CEUR Workshop Proceedings*. CEUR-WS, 2021. Vol. 2903, pp. 1–5.
- Alloatti F., Di Caro L., Bosca A. Conversation Analysis, Repair Sequences and Human Computer Interaction-A theoretical framework and an empirical proposal of action. *Proceedings of DEEP-DIAL 2021*. pp. 1–4.
- Bansal H., Khan R. A review paper on human computer interaction. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2018, 8(4), 53.
- Bayman P., Mayer R.E. Instructional manipulation of users' mental models for electronic calculators. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1984, 20(2), 189–199.
- Björklund T.A. Initial mental representations of design problems: Differences between experts and novices. *Design Studies*, 2013, 34(2), 135–160.
- Brandt D.S., Uden L. Insight into mental models of novice Internet searchers. *Communications of the ACM*, 2003, 46(7), 133–136.
- Craik, K. The nature of explanation. Cambridge: Cambridge University Press, 1943.
- Doyle J.K., Ford D.N. Mental models concepts for system dynamics research. *System dynamics review: the journal of the System Dynamics Society*, 1998, 14(1), 3–29.
- Farooq M.U., Dominick W.D. A survey of formal tools and models for developing user interfaces. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1988, 29(5), 479–496.
- Furlough C.S., Gillan D.J. Mental models: structural differences and the role of experience. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2018, 12(4), 269–287.
- Gary MS, Wood RE. Mental models, decision making and performance in complex tasks. *Strategic Management Journal*, 2010, 32(6), 569–594.
- Graham J., Zheng L., Gonzalez C. A Cognitive Approach to Game Usability and Design: Mental Model Development in Novice Real-Time Strategy Gamers. *CyberPsychology & Behavior*, 2006, 9(3), 361–366.
- Gulliksen J., Sandblad B., Lind M. The nature of user interface design—the role of domain knowledge. *Domain Knowledge for Interactive System Design*. In: Sutcliffe, Benyon, Assche, 1996, pp. 167–180.
- Hanisch K.A., Kramer A.F., Hulin C.L. Cognitive representations, control, and understanding of complex systems: a field study focusing on components of users' mental models and expert/novice differences. *Ergonomics*, 1991, 34(8), 1129–1145.
- Harper S., Dorton S. A context-driven framework for selecting mental model elicitation methods. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2019. Vol. 63(1), pp. 367–371.
- Hurtienne J. Cognition in HCI: An ongoing story. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2009, 5(1), 12–28.
- Ivanenko A.S. Theoretical approaches in the study of the mental model. *Azimut of scientific research: pedagogy and psychology*, 2020, 9(1(30)), 358–361. The titles are given in author's translation. (in Russian)
- Johnson-Laird P. Procedural semantics and psychology of meaning. *New in foreign linguistics*, 1988, 23, 234–257. (in Russian)
- Johnson-Laird P.N. Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and con-sciousness. Harvard University Press, 1983.
- Johnson-Laird P.N., Girotto V., Legrenzi P. Mental models: a gentle guide for outsiders. *Sistemi intelligenti*, 1998, 9(68), 33.
- Kang R., Dabbish L., Fruchter N., Kiesler S. “My} Data Just Goes {Everywhere:”} User Mental Models of the Internet and Implications for Privacy and Security. *Eleventh symposium on usable privacy and security (SOUPS 2015)*. 2015. pp. 39–52.
- Katzeff C. System demands on mental models for a fulltext database. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1990, 32(5), 483–509.
- Khoo M., Hall C. What would ‘Google’do? Users' mental models of a digital library search engine. *Theory and Practice of Digital Libraries: Second International Conference (Proceedings 2)*, TPD L 2012, Paphos, Cyprus, September 23–27, 2012. Springer Berlin Heidelberg, 2012. pp. 1–12. doi:10.1007/978-3-642- 33290-6_1.
- Krombholz K., Busse K., Pfeffer K., Smith M., Von Zeszschwitz E. “If HTTPS Were Secure, I Wouldn't Need 2FA”-End User and Administrator Mental Models of HTTPS. *Proceedings of 2019 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*. IEEE, 2019. pp. 246–263.
- Langan-Fox J., Code S., Langfield-Smith K. Team mental models: Techniques, methods, and analytic approaches. *Human factors*, 2000, 42(2), 242–271.
- Marchionini G. Making the transition from print to electronic encyclopaedias: adaptation of mental models. *International journal of man-machine studies*, 1989, 30(6), 591–618.
- Norman D.A. Design rules based on analyses of human error. *Communications of the ACM*, 1983, 26(4), 254–258.
- Norman D.A. Some observations on mental models. In: *Mental models*. Psychology Press, 2014. pp. 15–22.
- Richardson G.P., Andersen D.F., Maxwell T.A., Stewart T.R. Foundations of mental model research. *Proceedings of the 1994 International System Dynamics Conference*. EF Wolstenholme, 1994. pp. 181–192.



Roehler, L. R., Duffy, G. G., Conley, M., Herrmann, B. A., Johnson, J., & Michelson, S. Teachers' Knowledge Structures: Documenting Their Development and Their Relationship to Instruction. Research Series Report No. 192, Institute for research on teaching. East Lansing, MI: Michigan State University, 1990.

Rogers Y. Classical Theories. In: HCI Theory: Classical, Modern, and Contemporary. Cham: Springer International Publishing, 2012. pp. 21–29.

Rouse W.B., Morris N.M. On Looking into the Black Box: Prospects and Limits in the Search for Mental Models. *Psychological Bulletin*, 1986, 100(3), 349–363.

Sasse M.A. Eliciting and describing users' models of computer systems. PhD Thesis. University of Birmingham, UK, 1997.

Scielzo S., Fiore S.M., Cuevas H.M., Salas E. The utility of mental model assessment in diagnosing cognitive and metacognitive processes for complex training. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2002. Vol. 46(3), pp. 566–568. doi: 10.1177/154193120204600373

Slone D.J. The influence of mental models and goals on search patterns during web interaction. *Journal of the American society for information science and technology*, 2002, 53(13), 1152–1169.

Schmettow M., Sommer J. Linking card sorting to browsing performance—are congruent municipal websites more efficient to use? *Behaviour & Information Technology*, 2016, 35(6), 452–470.

Staggers N., Norcio A.F. Mental models: concepts for human-computer interaction research. *International Journal of Man-machine studies*, 1993, 38(4), 587–605.

Tanaka K., Yamaoka T. Understanding characteristics of the transfer of mental models in the use of electrical devices. *Psychologia*, 2010, 53(4), 256–266.

Tikhonov R., DeDeo S. Prediction, Explanation, and Control: The Use of Mental Models in Dynamic Environments. *Open Mind*, 2023, 7, 894–916.

Toker S., Moseley J.L. The mental model comparison of expert and novice performance improvement practitioners. *Performance Improvement Quarterly*, 2013, 26(3), 7–32.

van den Broek K.L., Klein S.A., Luomba J., Fischer H. Introducing M-Tool: A standardised and inclusive mental model mapping tool. *System Dynamics Review*, 2021, 7, 346–355.

Volkamer M., Renaud K. Mental models—general introduction and review of their application to human-centered security. In: *Number Theory and Cryptography: Papers in Honor of Johannes Buchmann on the Occasion of His 60th Birthday*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. pp. 255–280.

Westbrook L. Mental models: a theoretical overview and preliminary study. *Journal of Information Science*, 2006, 32(6), 563–579.

Wu C., Jokinen J.P. Modeling the impact of mental models on interactive decision-making and behavior. 16th International Conference on Human System Interaction (HSI), Paris, France, 2024, pp. 1–7, doi: 10.1109/HSI61632.2024.10613586.

Xie B., Zhou J., Wang H. How influential are mental models on interaction performance? exploring the gap between users' and designers' mental models through a new quantitative method. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2017, No. 1, 3683546.

Zhang Y. Undergraduate students' mental models of the Web as an information retrieval system. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2008, 59(13), 2087–2098.

Zieffle M., Bay S. Mental models of a cellular phone menu. Comparing older and younger novice users. *Proceedings of International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. pp. 25–37.

Zielinska O., Welk A., Mayhorn C.B., Murphy-Hill E. Exploring expert and novice mental models of phishing. *Proceedings of the 2015 Symposium and Bootcamp on the Science of Security*, 2015, 59(1), 1132–1136.

Information about authors

Zhuravlev Artem Dmitrievich. Master of Psychological Sciences, Institute of Social Sciences, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Vernadsky Ave., 82, bldg. 2, 119571 c.
E-mail: artem11102000@gmail.com

For citation:

Zhuravlev A.D. The current state of research on user's mental models of computer systems. *Psikhologicheskie Issledovaniya*, 2024, Vol. 17, No. 97, p. 1.
<https://psystudy.ru>