

УДК 004.822

DOI: 10.37005/2071-9612-2020-4-48-56

## ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Поцелуйко Анастасия Сергеевна

*Аспирант;*

*Волгоградский государственный технический университет;*

*400005, г. Волгоград, пр. Ленина 28;*

*e-mail: anastasiyasergeevnap@gmail.com.*

*Процесс разработки адаптивных интерфейсов является нетривиальной задачей в сфере быстроразвивающихся информационных технологий. Помощь при разработке приложений для людей с ограниченными возможностями способна оказать интеллектуальная система на основе онтологической модели.*

**Keywords:** ассистивные технологии, адаптивный пользовательский интерфейс, онтологическая модель пользователя, паттерны интерфейсов, поведение пользователей, пользователи с ограниченными возможностями.

### **Для цитирования:**

Поцелуйко, А. С. Персонализация интерфейсов мобильных приложений на основе онтологической модели для людей с ограниченными возможностями // Системный анализ в науке и образовании: сетевое научное издание. – 2020. – № 4. – С. 48–56. – URL : <http://sanse.ru/download/414>. – DOI : 10.37005/2071-9612-2020-4-48-56.

## PERSONALIZATION OF MOBILE APPLICATION INTERFACES BASED ON THE ONTOLOGICAL MODEL FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS

Potseluiko Anastasiia

*Postgraduate student;*

*Volgograd State Technical University;*

*400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28;*

*e-mail: anastasiyasergeevnap@gmail.com.*

*The process of developing adaptive interfaces is a non-trivial task in the field of rapidly developing information technologies. An intelligent system based on an ontological model can provide assistance in the development of applications for people with special needs.*

**Keywords:** Assistive technologies, adaptive user interface, ontological user model, interface patterns, user behavior, users with special needs.

### **For citation:**

Potseluiko A. Personalization of mobile application interfaces based on the ontological model for people with special needs. System Analysis in Science and Education, 2020;(4):48–56(In Russ). Available from: <http://sanse.ru/download/414>. DOI: 10.37005/2071-9612-2020-4-48-56.

## Введение

Процесс разработки интерфейсов программных систем является нетривиальной и сложной задачей. В связи с развитием информационных технологий появилось значительное количество подходов, методов, инструментов, помогающих разработчикам в процессе создания программного обеспечения. В свою очередь возросли и требования к компонентам программного обеспечения, одним из которых является интерфейс пользователя.

Процесс проектирования интерфейса пользователя для любого программного обеспечения должен подразумевать анализ его целевой аудитории, что требует от разработчиков изучения экспертных данных, стандартов и рекомендаций, кроме того, необходимо правильно выбрать платформу для разработки программного продукта.

Согласно статистике, предоставленной компанией *Gartner* [6], в настоящее соотношение использования пользовательских компьютеров к смартфонам составляет примерно 44,5% к 55,5%. Это означает, что более 55% пользователей заходили на сайты, участвующие в сборе аналитических данных, с помощью смартфонов. Начиная с конца 2016 года и до настоящего времени количество посещений онлайн-сервисов с мобильных устройств только возрастало. Еще одно исследование той же компании показало, что с 2012 года по 2020 год количество скачиваний мобильных приложений возросло с 57,3 миллионов до 225,9 миллионов. *Gartner* прогнозирует 258,2 миллиона скачиваний к 2023 году. Данные исследования показывают то, что мобильные устройства становятся более удобными и доступными для пользователей, а мобильные приложения, разрабатываемые для данных устройств, позволяют пользователю выполнять множество задач, начиная от планирования дня и заканчивая изучением иностранных языков.

Такой рост популярности мобильных устройств привел к тому, что разработчики мобильных приложений способны охватить огромное число категорий пользователей, в том числе и пользователей с ограниченными возможностями здоровья. Согласно отчету Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), количество людей с некоторой степенью инвалидности составляет 15% от общего числа населения. 190 миллионов человек испытывают трудности в повседневной жизни, связанные с коммуникацией, самообслуживанием, передвижением, доступностью необходимых услуг. Согласно прогнозам ВОЗ, количество людей с ограниченными возможностями будет увеличиваться.

Однако интерфейсы большинства мобильных приложений зачастую либо не адаптированы под проблемы пользователей с различными нарушениями, либо не учитывают персональные особенности пользователя, так как процесс создания адаптивных интерфейсов является трудоемким и требует знаний со стороны экспертов. Более того, в ходе использования интерфейса состояние пользователя может меняться, что приведет к тому, что интерфейс приложения перестанет подходить по определенным критериям пользователю с нарушениями здоровья.

### 1. Степень проработанности предметной области

На концептуальном уровне существует значительное количество методов и моделей адаптации интерфейсов. Наиболее часто для адаптации используется моделирование пользователя и его поведения. В работах авторов *P. Llinas, M. Poveda-Villalón, K.L. Skillen, C. Villalonga* [10, 12] авторы применяют концепцию пользовательского контекста, который представлен с помощью онтологической модели, что позволяет изменять интерфейс при изменении контекста. В работах авторов *A. Braham* онтологическая модель пользователя создается для поиска и применения подходящих паттернов интерфейса, подбираемых на основе экспертной системы. В некоторых работах, например, программное средство *МуUI* для создания интерфейсов, онтологические модели не используются, адаптация осуществляется только с помощью наложения на существующий интерфейс паттернов, сохраненных в базе. В настоящий момент появилось множество фреймворков, помогающих создавать адаптивные интерфейсы, часть из которых описана в статьях авторов *G. Engel, M. Nivethika, M. Peissner*. В своих работах авторы описывают программное средство, которое упростит разработку адаптивных интерфейсов для мобильных приложений с учетом пользовательских требований.

Данная тема была также рассмотрена и отечественными исследователями. В работах Морозова И.С., Трегубова А.С., Шумкиной В.В. [2] рассматривается подход создания адаптивных контекстозависимых интерфейсов на основе онтологической модели. В работе Грибовой В.В. и Федорищева Л.А. рассмотрен подход создания адаптивных *WIMP*-интерфейсов на основе онтологической модели и правилах проектирования интерфейсов. А.Н. Алфимцев, Д.А. Локтев и А.А. Локтев [1] применяли онтологическую модель для создания пользовательского интерфейса комплексной системы видеомониторинга.

В работах отечественных авторов Авдошина С.М., Варагиной Н.С., Куликовой Л.Л., Ломакина В.В., Шульги Т.Э. [3] онтологическая модель строится для представления различных предметных областей: библиотеки представления семантических данных; информационных систем, работающих с пространственно-временной информацией; системы управления компетенциями в вузе и *IT*-компаний; представления учебного центра как системы.

Данной теме исследования также уделяется внимание и с практической стороны. Такие крупные компании как *Apple*, *Android* и *Microsoft* внедряют настройки для пользователей с ограниченными возможностями в операционную систему, что автоматически повышает уровень доступности приложений, разрабатываемых под данную платформу. Кроме того, данные компании предоставляют ряд библиотек с набором функционала, улучшающего доступность приложения на программном уровне.

В настоящее время существует и ряд глобальных экспертных систем, таких как *WolframAlpha*, *CLIPS*, *MYCIN*, *Opencyc*. Данные системы содержат в себе знания экспертов в разных областях, но не содержат знания о построении графических пользовательских интерфейсов.

Интерес к данной тематике в последнее время сильно возрос, однако рассмотренные методы и алгоритмы имеют ряд ограничений, которые не позволят создать интерфейсы для людей с ограниченными возможностями по ряду причин: во-первых, найденные экспертные системы не содержат знаний об ограничениях в разработке интерфейсов по заболеваниям пользователей, во-вторых, рассмотренные методы и алгоритмы не позволяют адаптировать интерфейс после завершения процесса разработки, в-третьих, рассмотренные библиотеки и фреймворки позволяют повысить доступность приложения для определенной платформы разработки.

## 2. Представление концепции адаптации интерфейсов

Для упрощения процесса разработки адаптивных интерфейсов для людей с ограниченными возможностями была разработана концепция, представленная на рисунке 1.

Концепция разделена визуально на две части: верхняя часть представляет собой набор действий и компонентов, связанных с начальной разработкой интерфейса. Изначально разработчик имеет требования к программному интерфейсу и некоторые руководства к созданию адаптивных интерфейсов. Разработчик добавляет элементы интерфейса, которые сохраняются в онтологическую базу интерфейса. Далее разработчик должен внести информацию о состоянии пользователей (в данной работе рассматриваются нарушения здоровья пользователей). Онтологические модели интерфейса и профиля пользователей могут уже на данном промежуточном этапе выявить запрещенные элементы интерфейса или дать рекомендации об улучшении текущего интерфейса для конкретного типа пользователей.

Второй этап процесса затрагивает непосредственно пользователей приложения и состоит из использования интерфейсов и персонализации на основе информации о пользовательском поведении и изменении контекста. Пользователь с ограниченными возможностями или его помощник выполняют некоторые задачи на интерфейсе. В онтологическую базу данных сохраняются данные о характеристиках устройства пользователя. Провести анализ поведения пользователя может как сам пользователь или его помощник, так и система адаптации. Пользователь может изменить настройки интерфейса сам, или же онтологическая модель паттернов на основе модели устройства, интерфейса и собранных пользовательских событий найдет подходящий набор изменений интерфейса. В результате итеративной работы системы адаптации интерфейс пользователя подстраивается в течение каждого сеанса работы с приложением.

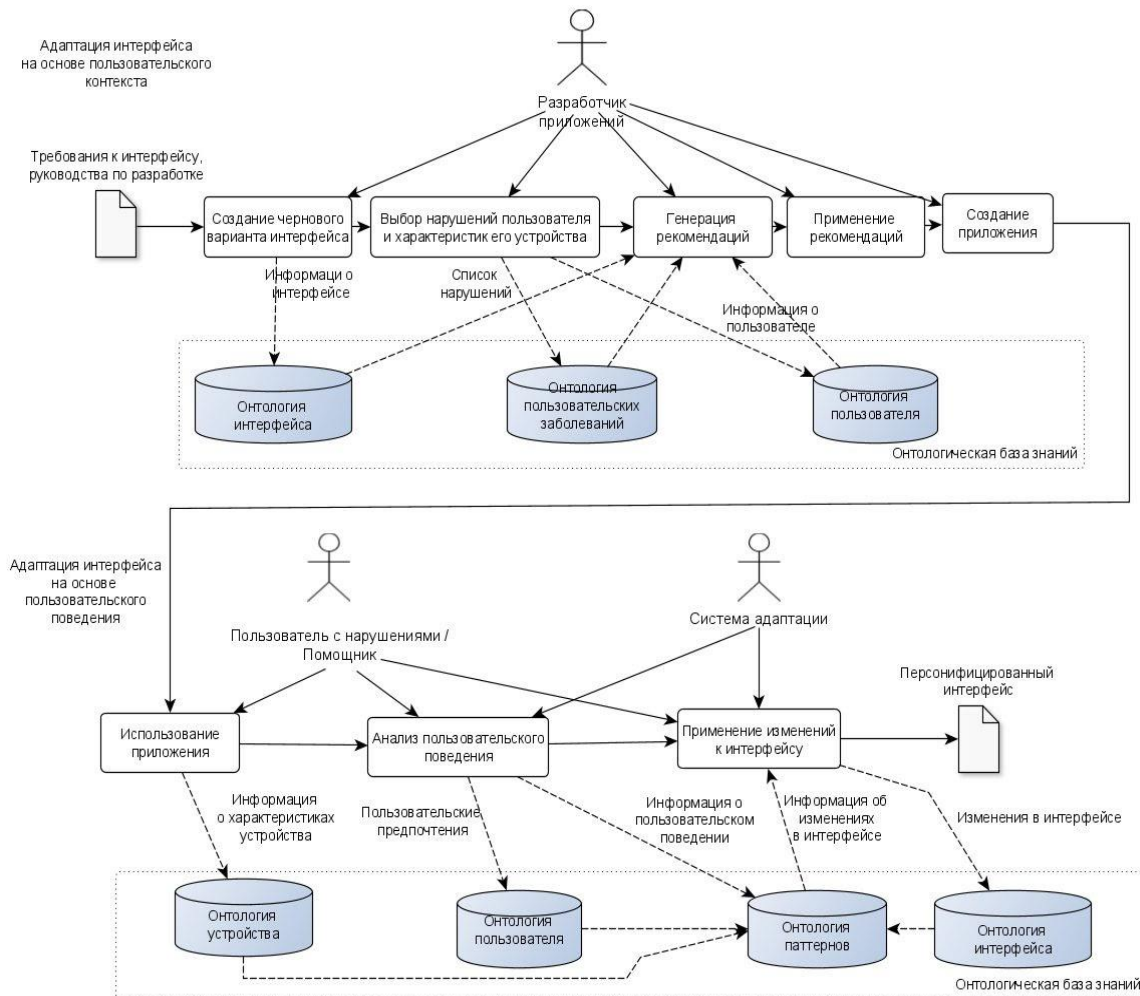


Рис. 1. Концепция адаптации интерфейсов

Для генерации рекомендаций на первом этапе используется онтологическая база знаний, содержащая экспертные знания о заболеваниях пользователя, а также база знаний пользователя и созданного интерфейса. На втором этапе используется онтологическая модель паттернов интерфейсов, устройства пользователя, пользовательских предпочтений и интерфейса приложения. Онтология паттернов содержит знания о возможных изменениях элементов интерфейсов (по рекомендациям W3C [10]) в соответствии с изменениями пользовательского поведения, вызванного изменением контекста использования приложения.

### 3. Метод реагирования на изменения пользовательского контекста

Важной частью адаптации пользовательского интерфейса является стратегия реагирования на изменения пользовательского контекста. Согласно энциклопедии человеко-машинного взаимодействия [7], контекст пользователя имеет четыре аспекта. В данном исследовании было принято решение расположить аспекты по уровню важности следующим образом:

- пользовательские предпочтения учитываются в первую очередь, так как то, что выберет пользователь, является в процессе адаптации приоритетным;
- технический аспект расположен на втором месте, так как устройства пользователя вносят ограничения или, наоборот, предоставляют дополнительные возможности к адаптации интерфейса;
- окружающая среда, в процессе адаптации могут быть учтены внешние факторы;
- социальные аспекты - данный аспект также может быть учтен, однако степень его влияния на результат адаптации значительно меньше, чем степени влияния вышестоящих аспектов.

Стратегии адаптации интерфейса, представленные выше, также могут быть ранжированы. В данном случае ранжирование идет по степени сложности применения данной стратегии адаптации (от самой легкой к самой сложной).

- сохранение;
- перестановка;
- упрощение представления;
- добавление новых элементов;
- деградация.

Самой простой стратегией является изменение параметра элемента интерфейса, например, размера шрифта и т.д. Самой сложной стратегией является деградация, так как необходимо точно определить, что элемент интерфейса больше пользователю не нужен, и удалить его.

Упрощенный процесс реагирования на изменения пользовательского контекста представлен на рисунке 2. Задача главного алгоритма реагирования заключается в определении типа изменений контекста, решении конфликтов, выборе стратегии адаптации и контроле возможной деградации интерфейса.

На первом этапе системе адаптации поступает событие, которое было сгенерировано и отправлено с приложения. Данное событие может быть, например, событием о изменении пользовательских предпочтений о размере шрифта, событием о подключении трекбола, событием о изменении уровня заряда аккумулятора и т.п. Сначала система определяет, к какой категории отнести данное событие. Следующим шагом необходимо проверить возможность возникновения противоречий, например, пользователь хочет использовать зеленый шрифт, но интерфейс имеет множество элементов с зеленым бэкграундом.

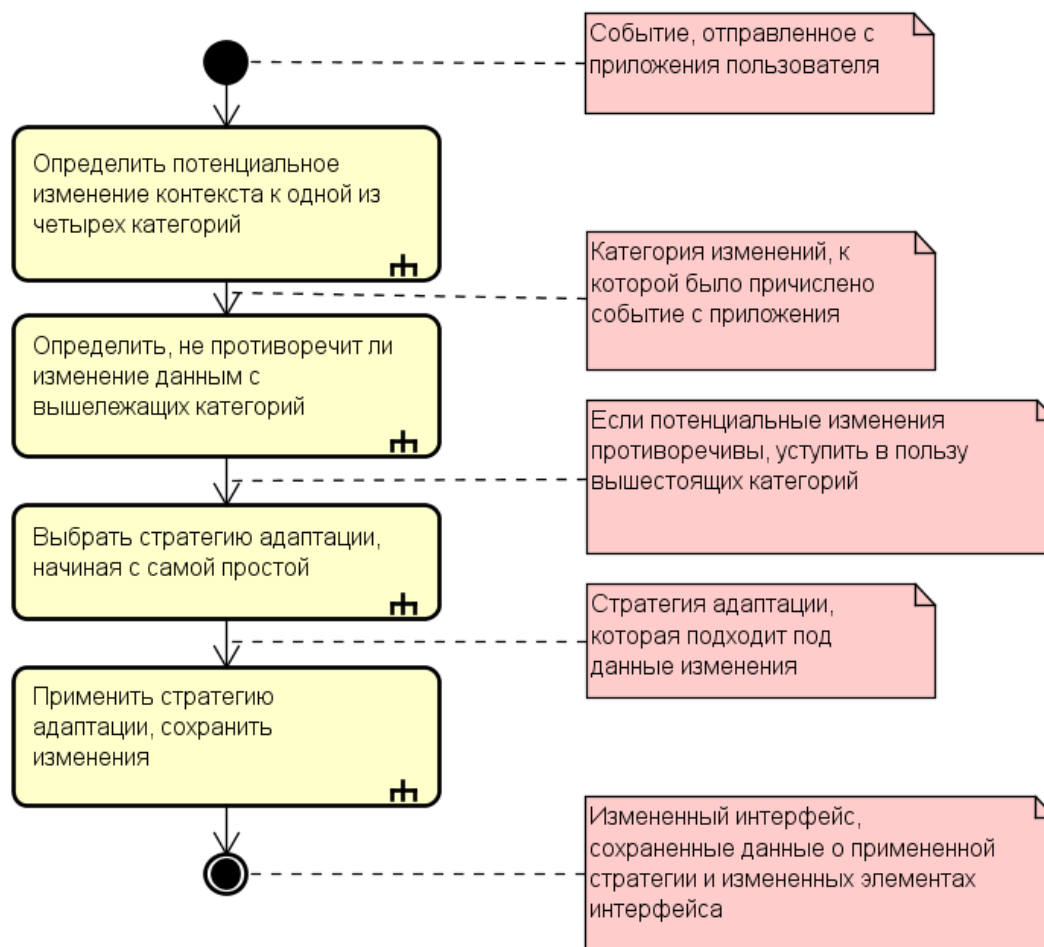


Рис. 2. Метод реагирования на изменения пользовательского контекста на абстрактном уровне

Если конфликты были найдены, то необходимо отбросить потенциальные изменения в том случае, если конфликт возник с более приоритетными аспектами. В случае, если конфликт возник с менее приоритетными аспектами, то изменения, принятые при их учете, должны быть пересмотрены или отброшены в случае невозможности пересмотра. В случае конфликта изменений в равноправных аспектах необходимо дать пользователю выбрать предпочтительный вариант адаптации.

После определения аспекта новых изменений и решения конфликтов необходимо выбрать стратегию адаптации. Выбирать необходимо ту стратегию, которая имеет наименьший уровень вмешательства в интерфейс. Например, если пользователь слишком долго читает текст на экране можно попробовать увеличить размер шрифта вместо того, чтобы сразу менять текстовое представление на экране на голосовую озвучку текста.

После применения стратегии адаптации необходимо сохранить текущее состояние интерфейса, затронутых адаптацией элементов интерфейса, а также о стратегии и аспекте, который привел к изменениям в интерфейсе.

#### 4. Онтологическая модель предметной области и модель паттерна

В ходе работы была переработана мета-онтология предметной области, представленная на рисунке 3. Теперь она включает в себя онтологическую модель паттернов интерфейса.

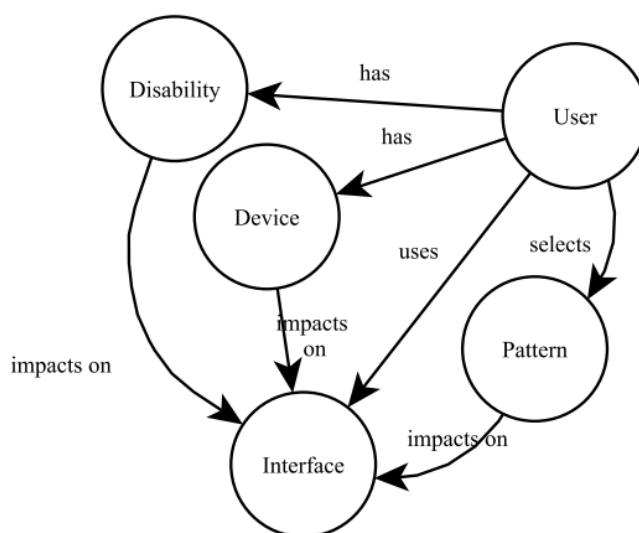


Рис. 3. Мета-онтология предметной области

Данную модель можно представить следующим образом:

$$O_M = \{O_{User}, O_{Dis}, O_{Int}, O_{Dev}, O_{Pat}\}, \quad (1)$$

где:  $M$  – мета-онтология;

$O_M = \{O_{User}, O_{Dis}, O_{Int}, O_{Dev}, O_{Pat}\}$  – набор онтологий областей,  $O_{User}$  – онтология пользователя,  $O_{Dis}$  – онтология заболевания пользователя,  $O_{Int}$  онтология интерфейса,  $O_{Dev}$  – онтология устройства пользователя,  $O_{Pat}$  – онтология паттернов интерфейса.

$C$  – конечный набор концептов мета-онтологии,  $C = \emptyset$ ;

$Inst$  – конечный набор сущностей мета-онтологии,  $Inst = \emptyset$ ;

$R = \{has, impacts\_on, uses, selects\}$  – конечный набор отношений между компонентами мета-онтологии;

$I$  – конечный набор правил интерпретации,  $I = \emptyset$ .

Теперь онтологическая модель паттернов интерфейса связана с онтологией пользователя, поскольку пользователь может напрямую персонализировать свой интерфейс через меню настроек. Модель паттернов была реализована в первой версии нашего редактора интерфейса [8]. Главный недостаток такого подхода – контекст мог меняться независимо от поведения пользователя. Кроме того, условия замены одного виджета другим не были включены ни в какие стандарты разработки интерфейса.

Основное преимущество предложенной переработанной модели онтологий (рис. 2) состоит в том, что модели интерфейса и паттернов интерфейса были отделены друг от друга, поэтому контекст теперь может меняться в соответствии с поведением пользователя. Все шаблоны, включенные в онтологию паттернов, соответствуют рекомендациям W3C. Кроме того, предложенная онтологическая модель может быть легко расширена путем добавления новых паттернов интерфейса.

Онтология паттернов интерфейса представлена на рисунке 4 и может быть описана следующим образом:

$$O_{Pat} = \langle C_{Pat}, Inst_{Pat}, R_{Pat}, I_{Pat} \rangle, \quad (2)$$

где:  $C_{Pat}$  – конечный набор концептов онтологии области заболеваний;

$Inst_{Pat}$  – конечный набор сущностей онтологии заболеваний,  $Inst = \emptyset$ ;

$R_{Pat} = \{is\_a, impacts\_on\}$  – конечный набор отношений между компонентами онтологии заболеваний;

$I_{Pat}$  – конечный набор правил интерпретации,  $I_{Dis} = \emptyset$ .

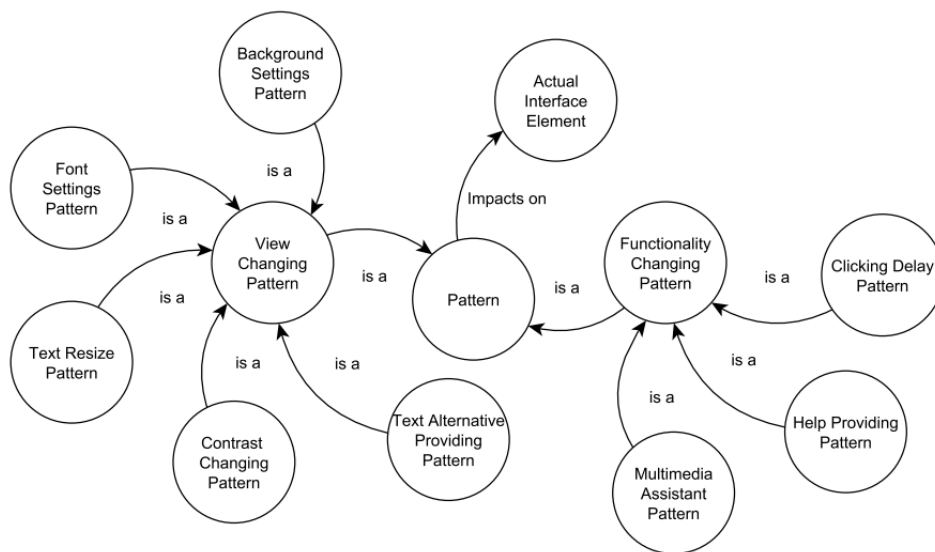


Рис. 4. Онтологическая модель паттерна интерфейса

Все паттерны интерфейса разделены на две группы: паттерны, которые изменяют внешний вид элемента интерфейса, и паттерны, которые изменяют функциональность элемента интерфейса. Каждый паттерн связан с фактическим элементом интерфейса и имеет доступ к его свойствам.

Паттерны, которые изменяют свойства элемента интерфейса включают в себя паттерн настройки бэкграунда, паттерн настройки шрифта, паттерн настройки контраста и паттерн настройки размеров текста.

Паттерны, изменяющие функциональность элементов интерфейса, включают в себя паттерн нажатия с задержкой, паттерн предоставления помощи пользователю и паттерн мультимедийного помощника.

За счет гибкости представления модели паттернов в виде онтологии база данных может быть в дальнейшем расширена.

## Заключение

В данной статье проанализированы существующие подходы, инструменты, библиотеки и фреймворки для создания адаптивных интерфейсов для людей с ограниченными возможностями. Представлен метод адаптации интерфейсов на основе онтологической модели и алгоритм реагирования на изменение пользовательского контекста. Также в статье приведены диаграммы онтологической модели предметной области и онтологической модели паттернов.

На данный момент авторы работают над реализацией правил для связи онтологической модели паттернов с имеющимся и ранее представленным редактором интерфейсов, а также над подготовкой тестирования на конечных пользователях.

Для дальнейшей работы планируется реализовать модуль разрешения конфликтных ситуаций, которые могут возникнуть во время персонализации интерфейса, а также добавить систему анализа действий пользователя на интерфейсе. Данные улучшения войдут во вторую версию плагина адаптации интерфейсов для *Unity 3D*.

Исследование выполнялось при финансовой поддержке РФФИ и Адм. Волгоградской обл., проект №18-47-343001 p\_мол\_a.

## Список литературы

1. Авдошин, С. М. Онтологический инжиниринг / С. М. Авдошин, М. П. Шатилов // Бизнес-информатика. – 2007. – №2. – С. 3–15.
2. Трегубов, А. С. Разработка методов адаптации пользовательских интерфейсов для USSD-сервисов / А. С. Трегубов // Кибернетика и программирование. – 2016. – № 4. – С. 1–10. – URL : [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=19497](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=19497).
3. Модели и инструменты представления пространственно-временных данных в семантическом вебе / Т. Э. Шульга, Н. С. Варагина, Н. И. Мельникова, Д. А. Мищенко // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – №4–4. – С. 844–554.
4. Peissner, M. A Design Patterns Approach to Adaptive User Interfaces for Users with Special Needs / M. Peissner, A. Shuller, D. Spath // Proceedings of the HCI Conference, July, 2011. – Pp. 268–277.
5. Assistive mobile application for support of mobility and communication of people with IDD / M. Kultsova, R. Romanenko, I. Zhukova, A. Usov, N. Penskoj, T. Potapova // Proceedings of the MobileHCI 16 Conference, Florence, Italy, July, 2016.
6. Gartner Statistics. – URL : <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-06-01-gartner-survey-reveals-the-number-of-enterprise-mobile-apps-is-not-accelerating>. (дата общ. 10.05.2020).
7. The Interaction Design Foundation official website. – URL : <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/user-interface-design-adaptation>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 09.11.20).
8. Two-phase Method of User Interface Adaptation for People with Special Needs / M. Kultsova, I. Zhukova, A. Potselucio, A. Skorikov, R. Romanenko // Proceedings of the CITDS2017 Conference, Volgograd, Russia, September, 2017.
9. An Ontology-based Adaptation of User Interface for People with Special Needs / M. Kultsova, R. Romanenko, A. Anikin, A. Pocuico // Proceedings of the AINL FRUCT 2016 Conference, Saint-Petersburg, Russia, November, 2016.
10. An Ontology-based Approach to Automated Generation of Adaptive User Interface Based on User Modeling / M. Kultsova, R. Romanenko, A. Anikin, A. Pocuico // Proceedings of the IISA2016 Conference, Khalkidiki, Greece, July, 2016.
11. Development of the intellectual decision-making support method for medical diagnostics in psychiatric practice / L. Lempert, A. Kravets, B. Lempert, O. Poplavskaya, N. Salnikova // Proceedings of the IISA 2018 Conference, Zakynthos, Greece, July, 2018.



12. Ontological User Profile Modeling for Context–Aware Application Personalization / K.L. Skillen, L. Chen, C.D. Nugent, M.P. Donnelly, W. Burns, I. Solheim // Series: Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2012. – Vol. 7656. – Pp. 261–268.
13. The World Bank official website. – URL : <http://www.worldbank.org/en/topic#1>. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 27.10.20).
14. Ontology–based high–level context inference for human behavior identification / C. Villalonga, M.A. Razzaq, H. Pomares, I. Rojas, S. Lee, O.B. Legran // Sensors. – 2016. – Vol. 16. – Pp. 1–26.
15. W3C official website, World Wide Web Consortium. – URL : <http://www.w3.org/standards/webdesign/accessibility/>. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 24.10.20).