

Обзорная статья

УДК 004.5; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-4-119-132

## **ОБЗОР СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ АДАПТИВНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ И ИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ**

**Курта Павел Александрович.**

**Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия.**

✉ **Израилов Константин Евгеньевич.**

**Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия**

✉ *konstantin.izrailov@mail.ru*

*Аннотация.* Работа посвящена построению динамических адаптивных интерфейсов программных продуктов, призванных разрешить следующее научное противоречие: наличие единой схемы из создания при необходимости учета особенностей пользователя и его окружения. Также рассматривается возможность применения машинного обучения в интересах интеллектуализации способа построения интерфейсов. Для этого произведен обзор 20 научных публикаций, результаты которых систематизированы в единую таблицу. Делается сравнительный анализ результатов обзоров по следующим критериям: год публикации, лежащий в основе способ, область применения, формализация способа, этап внедрения в жизненный цикл интерфейса, применение машинного обучения; сделаны выводы по каждому из критериев. Обосновывается необходимость создания общего интеллектуального подхода к построению интерфейсов.

*Ключевые слова:* динамический интерфейс, адаптация, обзор, критериальное сравнение, машинное обучение, искусственный интеллект

**Для цитирования:** Курта П.А., Израилов К.Е. Обзор способов построения динамических адаптивных интерфейсов и их интеллектуализация // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 4. С. 119–132. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-4-119-132.

Review article

## **SURVEY OF METHODS FOR BUILDING DYNAMIC ADAPTIVE INTERFACES AND THEIR INTELLIGENTIALIZATION**

**Kurta Pavel A.**

**The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg state university of telecommunications, Saint-Petersburg, Russia.**

✉ **Izrailov Konstantin E.**

**Saint-Petersburg Federal research center of the Russian academy of sciences, Saint-Petersburg, Russia**

✉ *konstantin.izrailov@mail.ru*

*Abstract.* The work is devoted to the construction of dynamic adaptive interfaces of software products designed to resolve the following scientific contradictions: the presence of a common scheme to its creation with necessary to taking into account the characteristics of the user and his environment. Also, the possibility of using machine learning to intellectualize the way interfaces are built is being considered. For this purpose, a review of 20 scientific publications was carried out, the results of which were systematized in a single table. A comparative analysis of the review results is made according to the following criteria: year of publication, underlying method, scope of application, formalization of the method, stage of implementation in the interface life cycle, application of machine learning; conclusions were drawn for each of the criteria. The necessity of creating a general intellectual approach to the construction of interfaces is substantiated.

*Keywords:* dynamic interface, adaptation, review, criteria-based comparison, machine learning, artificial intelligence

**For citation:** Kurta P.A., Izrailov K.E. Survey of methods for building dynamic adaptive interfaces and their intelligentization // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 4. P. 119–132. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-4-119-132.

## Введение

Информационные технологии заняли прочное место в современном мире, предлагая человеку качественно новый уровень удобства по работе с сервисами [1]. Непосредственный же обмен данными с информационными системами обеспечивается интерфейсами. Тем не менее в данной предметной области существует ряд проблемных вопросов, один из которых может быть описан с помощью следующего научного противоречия [2–4]. С одной стороны, большинство интерфейсов имеет достаточно единую в рамках отдельных продуктов схему построения; например, определенный размер графических элементов, их расположение, текст подсказок. С другой стороны, конечный пользователь обладает рядом характеристик как относительно постоянных (например, пол, возрастная группа, род деятельности), так и переменных (например, психоэмоциональное состояние, опыт и т.п.), влияющих на его потребности в интерфейсах. Как результат, общие возможности интерфейсов программных продуктов оказываются не согласованными с частными потребностями пользователей, что снижает эффективность работы с ними [5] – результативность (как достижимость результата), оперативность (как скорость работы) и ресурсоэкономность (как удобство работы в виде отсутствия психоэмоционального напряжения). Одним из путей разрешения данного проблемного вопроса является создание адаптивных интерфейсов, динамически подстраивающихся под текущего пользователя, его задачи, условия работы и т.п. При этом, поскольку подстройка под пользователя подразумевает необходимость адаптации по достаточно субъективным параметрам, то интересным с научной и практической точки зрения будет рассмотрение применимости моделей и методов машинного обучения. В интересах этого проведем обзор статей на данную тему.

## Обзор работ

Произведем обзор научных публикаций на тему создания динамических адаптивных интерфейсов, отражая при этом суть способа, область применения, его особенности и примеры реализации.

Работа И.М. Исмагиловой и С.С. Валеева [6] посвящена динамическим адаптивным интерфейсам, применяемым в информационно-управляющих системах на базе методов искусственного интеллекта. В интересах этого ставится задача проектирования такого рода интерфейсов для обеспечения взаимодействия пользователя со сложной системой управления. В качестве особенности динамичности интерфейса указывается возможность его подстройки под цели и задачи пользователя, при этом в реальном времени. Суть предлагаемого подхода основана на многоагентной технологии, которую составляют следующие агенты: информационная система, агент-интерфейс и человек-оператор. Сам процесс проектирования состоит из следующих шагов: тестирование операторов с определенным набором параметров (квалификация, опыт и т.д.), статистический анализ результатов тестирования с последующей записью их в базу данных (БД) (к которой имеет доступ агент-интерфейс), дальнейшее построение индивидуальных интерфейсов для каждого оператора. Для обоснования работоспособности решения приводится пример управления беспилотным летательным аппаратом командой из нескольких операторов с индивидуальными списками задач. Агент-интерфейс на основании списков задач создает интерфейсы управления для каждого оператора с возможностью их перераспределения с последующим изменением интерфейсов управления. В качестве продолжения работы

предлагается совершенствование методов статистической оценки результатов тестирования для повышения эффективности работы агента-интерфейса.

Статья [7] посвящена способам построения динамических пользовательских интерфейсов веб-приложений. В частности, свойство динамичности и адаптивности интерфейса отражается в том, что одна и та же информация предоставляется пользователю в различном виде. Рассматривается модульная схема построения и отображения динамических пользовательских интерфейсов. Суть подхода заключается в разработке трех следующих способов представления данных: древовидный, групповой и графоориентированный. Предлагается автоматизировать выбор модуля, используемого для отображения своего типа данных. Каждый модуль представляет собой набор плагинов, который получает запрошенную пользователем информацию из БД и строит интерфейс по определенному шаблону. В качестве особенностей указывается то, что, несмотря на трудоемкость описанного подхода к разработке интерфейсов в результате значительно будет повышено качество и удобство использования приложений.

В исследовании [8] рассматривается вопрос функциональных возможностей и структуры программного модуля для динамической адаптации интерфейсов веб-приложений; для этого применяется индуктивный подход к их построению. Суть подхода заключается в оценке набора определенных факторов, на основании которых предлагается изменять критерии построения пользовательского интерфейса. Также предлагается разделить модуль программного решения на следующие блоки: обработки и хранения пользовательских факторов, определения критериев на основе факторов, обработки критериев и изменения интерфейса. В качестве особенностей указываются такие функциональные возможности, как сбор и хранение информации о пользователях, создание профилей пользователей и динамическая адаптация интерфейса, к определенному пользователю. Описывается пример внедрения технологии в Интернет-магазин, в котором осуществлялся сбор данных о действиях пользователя и формирования его уникального профиля в течение месяца. После этого осуществлялась подстройка интерфейса под пользователя. Было указано, что общая эффективность посещения магазина возросла в полтора раза.

Работа А.Ю. Ролича [9] ставит своей целью повышение эффективности конструирования динамических пользовательских интерфейсов в рамках Интернета вещей. Предлагается реализация такого конструктора, основанная на виджетах, которые генерируются под выбранные пользователем параметры (вид компонентов, их расположение, размер виджета). Таким образом, пользователь сам создает в конструкторе необходимый ему интерфейс, на который выводятся данные с нужных устройств Интернета вещей. В качестве особенностей решения указывается, что для конфигурирования пользовательских интерфейсов в конструкторе отсутствует необходимость в навыках программирования. Демонстрируется работоспособность конструктора на примере создания виджета, выводящего показания беспроводной системы персонального энергоаудита.

Статья Т.А. Фоминой и Г.М. Новиковой [10] посвящена подходу к созданию динамических адаптивных пользовательских интерфейсов для информационных систем в области образования. Для этого предлагается применять мультиагентный подход, а также разделение интерфейса на две противоположные сущности. Суть подхода заключается в наличии двух составляющих динамического интерфейса, относящихся к неизменной и адаптивной частям. Неизменная часть имеет заранее определенную схему функционирования для любого пользователя. Адаптивная часть, в свою очередь, формируется в зависимости от характеристик конкретного пользователя (тип пользователя, возраст, уровень обучения, уровень компьютерной грамотности, частота использования системы и т.д.), а также на основе характеристик сценария применения приложения (тип устройства, уровень освещенности в помещении и др.). Предполагается, что подобный подход к формированию пользовательских интерфейсов позволяет повысить уровень эффективности процесса образования, особенно, с применением мультимедиа.

В работе [11] описывается подход к разработке динамических интерфейсов для пользователя, адаптирующихся к его следующим трем группам характеристик: психо- и эмоциональное состояние, а также профессиональные навыки. Под последним понимаются возможности пользователя по работе с компьютерной техникой, то есть компьютерная грамотность. Значения характеристик вычисляются на основании тестирования пользователей. Систематизация всех характеристик позволила выделить пять типов пользователей (новичок, типовой, уверенный, профессионал и опытный), а также три типа состояний (стрессовое, возбужденное, адекватное). Соответственно, каждой комбинации типов пользователей и состояний может быть сопоставлен собственный интерфейс, общее число которых составляет 15. Далее экспертная система на основе продукционной модели знаний сопоставляет модели интерфейсов соответствующим группам пользователей. В качестве особенности предлагаемого решения указано применение нечеткой «экспертной системы на основе продукционной модели представления знаний». Обосновывается работоспособность решения на примере подбора шаблонов интерфейса для опытных и неопытных сотрудников налоговой службы.

Статья [12] посвящена вопросу организации адаптации пользовательского интерфейса в автоматизированных системах, основанного на учете когнитивных и психофизических характеристик пользователя. Суть решения заключается в создании подсистемы тестирования, настраиваемой психологом. Результаты тестирования обрабатываются и используются для создания когнитивных профилей пользователей, применяемых непосредственно для адаптации пользовательских интерфейсов. В качестве особенностей указывается то, что разработанная система может быть применена в различных сферах деятельности – в образовании, принятии решения, технологических процессах автоматических систем управления и т.п. Для обоснования работоспособности приводится пример экспериментального программного обеспечения с функционалом адаптации.

В работе [13] описывается метод проектирования контекстно-зависимых адаптивных пользовательских интерфейсов, совместимый с методологией ведения проектов Agile. Суть метода заключается в расширении Agile следующими дополнительными сущностями: графический интерфейс, контекст (функции, доступные пользователю, в зависимости от внешних параметров), функция (действия пользователя системы), роль (для определения прав и обязанностей пользователей). На основе значений сущностей в конкретных случаях формируется перечень задач для разработчиков интерфейсов и сценарии для команд тестирования. В качестве особенностей указывается то, что предлагаемый метод позволяет автоматически создавать и назначать задачи разработчикам.

В качестве цели статьи [14] указывается повышение доступности мобильных приложений, используемых людьми с ограниченными возможностями, для чего предлагается применять паттерны (то есть шаблоны). Суть подхода заключается в следующем. После создания базовой версии интерфейса проводится его адаптация с помощью паттернов, используя следующие шаги: создание профиля пользователя (с учетом расстройств группы пользователей), выбор наиболее подходящего набора паттернов, настройка интерфейса путем применения паттернов. Описывается редактор для создания интерфейсов, используемых людьми с ограниченными возможностями. В качестве путей развития указывается необходимость расширения паттернов, оптимизация процесса адаптации, а также автоматизация подстройки интерфейса в режиме реального времени.

В исследовании [15] предлагается метод создания адаптивного интерфейса, используемого в образовательной среде, основанного на формальном аппарате. Особенностью последнего является учет особенностей пользователя. Суть метода заключается в создании идеографических модулей и последующем их объединении в единый интерфейс. При этом на объединение модулей влияет их связанность (которая задается на этапе проектирования), в интересах чего строится соответствующая таблица. Формирование идеографических модулей состоит из следующих шагов: определение назначений и возможностей системы, параметров текущего состояния и ограничений;

получение независимых (то есть более абстрактных) модулей по возможностям и ограничениям, создание идеограмм. В качестве особенностей указывается, что коэффициенты связности могут быть пересчитаны на основе собранных данных об использовании модулей пользователями системы.

В работе И.М. Исмагиловой [16] предлагается применять метод анализа иерархий для построения адаптирующихся интерфейсов. Суть метода заключается в следующем. Во-первых, операторы информационной системы оцениваются по трем критериям: опыт работы, образование, результат тестирования. Во-вторых, с помощью метода анализа иерархий делается выбор основного пользователя (оператора) для выполнения координационной работы и высокоприоритетных задач. В-третьих, итоговые результаты распределения записываются в БД, к которой имеет доступ модуль системы, реализующий функции агент-интерфейса. И, в-четвертых, интерфейс пользователя строится на основе имеющихся задач и данных о его индивидуальных характеристиках. Обосновывается работоспособность метода для систем сложных ракетно-космических комплексов. В качестве особенностей указывается то, что повышение эффективности взаимодействия оператора с информационной системой происходит за счет учета не только задач пользователя и его predetermined модели, но и его персональных особенностей.

В статье [17] описывается редактор адаптивных интерфейсов для создания мобильных приложений, используемых людьми с ограниченными возможностями. Процесс создания интерфейса состоит из следующих шагов: создание макета интерфейса, выбор пользовательских нарушений и устройства, генерация рекомендаций (на основе данных из онтологической БД), применение рекомендаций, создание готового приложения. При опытной эксплуатации приложения пользователем с ограниченными возможностями проводится его анализ, по результатам которого формируется база паттернов решений, которые затем применяются к интерфейсу приложения. Обосновывается работоспособность редактора на примере готового приложения для людей с ограниченными возможностями и результатов его тестирования в группе пользователей с ментальными нарушениями. В качестве особенностей указывается то, что разработчик приложения заранее не был осведомлен о конкретных типах нарушений пользователей.

Работа П.А. Лакотина и Д.В. Медведева [18] относится к области систем умного дома и посвящена особенностям построения его адаптивного пользовательского интерфейса. Рассматривается метод адаптации интерфейса на основе данных о местоположении пользователя и прогнозирования его действий с помощью искусственной нейронной сети (ИНС). Предлагается использовать ИНС с тремя нейронами на входном слое (пользователь, период времени, место взаимодействия), четырьмя скрытыми слоями и одним нейроном на выходном слое. Обучение нейронной сети проводится на основе алгоритма обратного распространения ошибки за счет автоматически собираемых входных данных от системы умного дома. Выходные данные нейронной сети – панель быстрого доступа с определенными карточками устройств системы умного дома. В качестве особенностей указывается, что использование ИНС позволяет выделить релевантные для пользователя наборы карточек, частота взаимодействия с которыми не позволяет определить их, как необходимые пользователю.

В работе [19] приводится исследование построения адаптивных интерфейсов, использующих сенсорные экраны. В качестве же применения интерфейсов указывается программное обеспечение для информационной безопасности. Алгоритм адаптации пользовательского интерфейса разделяется на два следующих этапа адаптации: в процессе инициализации (глобальной, под функциональные обязанности, под индивидуальные параметры пользователя), в процессе работы (под устройство, под действия пользователя). Обосновывается работоспособность подхода на примере прототипа веб-приложения, разработанного с использованием HTML5, библиотек D3.js и hammer.js на языке программирования JavaScript и пакета Bootstrap. Указывается необходимость

дополнительных исследований в части применения естественных жестов при работе с интерфейсом.

Статья В.В. Шумкиной [20] посвящена вопросу адаптации интерфейсов пользователя, имеющих древовидную структуру, характерным примером которой является меню USSD (он англ. Unstructured Supplementary Service Data, перевод на русс. – Unstructured Supplementary Service Data) сервисом в сетях GSM. Указываются накладываемые ограничения на такого рода текстовые меню, такие как допустимое количество символов и пунктов на странице и др. Описывается алгоритм адаптации такого меню, целью которого является минимизация пути навигации пользователя – от первоначальной страницы до финальной. Данный алгоритм состоит из следующих шагов: выбор путей для адаптации (с учетом их длины и популярности), учет символьных ограничений, построения графа переходов с весами в узлах (на основании интегральной потребности), сортировка узлов согласно их весам (большой вес перемещает узел ближе к началу), учет тематических ограничений путем удаления подграфов. Результаты тестирования алгоритма адаптации показали, что количество посещений пользователем промежуточных меню снизилось на 30 %.

В работе [21], которая является предшественником работ [14, 17], делается попытка частичного разрешения проблемы адаптации людей с ограниченными возможностями к полноценной жизни в обществе. Для этого предлагается адаптировать графический интерфейс как в процессе его создания, так и при непосредственном использовании. Для первого этапа используется онтологическая модель пользователя, а для второго – особенности использования интерфейса пользователем для непосредственной адаптации под его тип. Обосновывается работоспособность алгоритма на примерах интерфейсов для некоторого количества категорий пользователей с различными наборами ограничений. Так, например, знания пользователя будут влиять на комментарии к его ответам в интерфейсе, навыки – на формы и размеры элементов, цели – на составление необходимых для решения задач, используемое устройство – на размеры страницы и т.п.

В статье Ш.Ш. Гумирова [22] описывается подход к адаптации пользовательских интерфейсов, применяемых в телекоммуникационных сервисах, а также различные методы вычисления степени их адаптированности. Данный интерфейс рассматривается в контексте взаимодействия пользователя с сервисом путем двухсторонней передачи данных. Суть адаптации заключается в минимизации действий пользователя при максимизации достижения им с помощью интерфейса собственных целей; для этого строится соответствующий граф переходов пользователя от состояния при входе в сервис до финального состояния. В дальнейшем предлагается проведение сравнения с такими алгоритмами, как: VI-CTW, LZ-MS и PST, что позволит получить оптимальное соотношение скорости работы и ошибок.

Результаты работы [23] могут быть применены в системах поддержки принятия решений в части создания пользовательских интерфейсов, обладающих адаптивными возможностями. Одним из требований к таким интерфейсам указывается минимизация предоставляемых им возможностей с учетом тех, которые реально необходимы в работе сотрудников. Предложены формальные модели и методы, позволяющие управлять графическими элементами интерфейса. В схему последнего заложено его деление на элементы, их объединение в алгоритмическую структуру, их иерархическое представление и управление доступа к ним. Описывается разработанный прототип такой системы с динамическим формированием меню, адаптируемым к решаемым задачам в процессе использования.

Статья И.С. Морозова [24] решает задачу автоматической адаптации текстовых мобильных интерфейсов. Предложен алгоритм, проводящий автоматическую адаптацию USSD-меню и сокращающий количество действий, необходимых для достижения часто используемых функций сервиса, повышая тем самым эффективность использования приложения. Суть алгоритма заключается в создании списка страниц-кандидатов,

достижимых из подменю, которое можно дополнить новыми пунктами. Далее все слоты заполняются случайными кандидатами из списка. Затем все слоты перебираются, и в каждом из них происходит оптимальная замена страниц. Версии меню оцениваются, исходя из среднего количества действий, которые необходимо совершить теоретическому пользователю этого меню. Обосновывается работоспособность алгоритма тестированием, в процессе выполнения которого пользователи разбивались на группы четырьмя различными методами. Результаты тестирования показали, что с использованием предложенного алгоритма среднее количество действий пользователей сократилось на 37 %.

В исследовании А.О. Крылова и А.В. Беляева [25] приводится алгоритм генерации адаптивного пользовательского интерфейса для автоматизированных систем управления в строительстве. Данный алгоритм производит инициализацию графических форм и заранее определенных элементов управления, а затем генерацию пользовательских элементов управления на основании данных из БД. Причем данные об элементах управления пользователя должны генерироваться клиентским приложением в процессе работы (для разграничения всех уровней бизнес-логики). В качестве особенности алгоритма указывается, что в нем используются универсальные формы, способные выводить любые данные.

Проведем систематизацию результатов обзоров работ в виде сравнительной таблицы, где строками являются конкретные работы на тему динамической адаптации интерфейсов, а столбцами – название и год работы, а также следующие критерии:

- 1) К\_1 – лежащий в основе способ (или его уточнение в виде модели, метода, технологии, подхода или принцип);
- 2) К\_2 – область применения (в скобках будут указаны специализированные области применения, например, которые были отдельно рассмотрены в обзоре);
- 3) К\_3 – формализация способа;
- 4) К\_4 – этапы внедрения способа в жизненный цикл интерфейса: П. – проектирование, И. – использование;
- 5) К\_5 – применимость машинного обучения.

Таблица

**Систематизация результатов обзоров**

Название	Год	К 1	К 2	К 3	К 4	К 5
Построение динамических адаптивных интерфейсов информационно-управляющих систем на основе методов искусственного интеллекта [6]	2018	Многоагентная технология	Система управления	Да	И.	Да
Разработка веб-ориентированных динамических пользовательских интерфейсов для распределенных систем инженерного анализа [7]	2017	Алгоритмический выбор	Веб-приложения	Нет	И.	Нет
Программные решения для динамического изменения пользовательского интерфейса на основе автоматически собранной информации о пользователе [8]	2018	Индуктивный подход	Веб-приложение	Да	И.	Нет
Программный конструктор динамических пользовательских интерфейсов для Интернет вещей [9]	2015	Генерация под пользователя	Интернет-вещей	Нет	П.	Нет
Проектирование адаптивного интерфейса информационных систем для поддержки деятельности образовательного учреждения [10]	2020	Мультиагентный подход	Образование	Нет	П., И.	Нет

Название	Год	К 1	К 2	К 3	К 4	К 5
Автоматизация проектирования адаптивных пользовательских интерфейсов с элементами искусственного интеллекта [11]	2020	Тестирование пользователя и создание профилей	Общее (госслужащие)	Нет	П.	Нет
Об организации адаптивного пользовательского интерфейса в автоматизированных системах [12]	2014	Тестирование пользователя и создание профилей	Автоматизированные системы	Нет	П.	Нет
Метод проектирования контекстно-зависимых адаптивных пользовательских интерфейсов в составе системы управления проектами [13]	2013	Расширение Agile	Общая	Нет	П.	Нет
Применение подхода на основе паттернов при разработке адаптивного пользовательского интерфейса для людей с ограниченными возможностями [14]	2017	Создание профилей пользователей	Мобильные устройства (люди с ограниченными возможностями)	Нет	П.	Нет
Метод синтеза адаптивного интерфейса взаимодействия пользователей с образовательной средой с учетом их предпочтений [15]	2014	Формальный аппарат идеографических модулей	Образовательная среда	Да	П.	Нет
Построение адаптивных интерфейсов с применением метода анализа иерархий [16]	2017	Метод анализа иерархий	Общая (ракетно-космические комплексы)	Нет	П.	Нет
Редактор для создания адаптивных интерфейсов мобильных приложений для людей с ограниченными возможностями [17]	2018	Генерация рекомендаций для разработки	Мобильные устройства (люди с ограниченными возможностями)	Нет	П.	Нет
Адаптивный пользовательский интерфейс в системе умного дома [18]	2021	Учет профиля пользователя, его местоположения и времени	Умный дом	Да	И.	Да
Применение адаптивного сенсорного интерфейса в приложениях информационной безопасности [19]	2020	Подстройка интерфейса под задачу	Информационная безопасность (веб-приложения)	Нет	П., И.	Нет
Алгоритм автоматической адаптации древовидных пользовательских интерфейсов [20]	2013	Минимизация путей на графе	Интерфейсы с древовидной структурой (USSD-сервисы)	Нет	П.	Нет
Разработка алгоритма адаптации интерфейсов для людей с ограниченными возможностями [21]	2015	Создание профилей пользователей	Люди с ограниченными возможностями	Нет	П., И.	Нет



Название	Год	К 1	К 2	К 3	К 4	К 5
Метод адаптации пользовательского интерфейса телекоммуникационных сервисов на основе скрытых марковских моделей [22]	2010	Минимизация путей на графе	Телекоммуникационные сервисы	Да	П.	Нет
Методы и модели формирования адаптивных пользовательских интерфейсов в системах поддержки управленческих решений [23]	2012	Формальные модели и методы	Системы поддержки принятия решений	Да	П., И.	Нет
Алгоритм автоматической адаптации интерфейса мобильных USSD-сервисов [24]	2015	Полный перебор	Мобильные устройства (USSD-сервисы)	Нет	П.	Нет
Адаптивные интерфейсы автоматизированных систем управления в строительстве [25]	2011	Генерация элементов интерфейса	Строительство	Нет	П., И.	Нет

Согласно сравнительному анализу результатов, представленных в научных публикациях (табл.), можно сделать следующие выводы. Во-первых, несмотря на некоторое затишье в публикациях за 2021 и 2022 гг., потребность в создании динамических адаптивных интерфейсов, если не возрастает, то является стабильно актуальной. Это достаточно хорошо отслеживается с помощью гистограммы на рисунке.

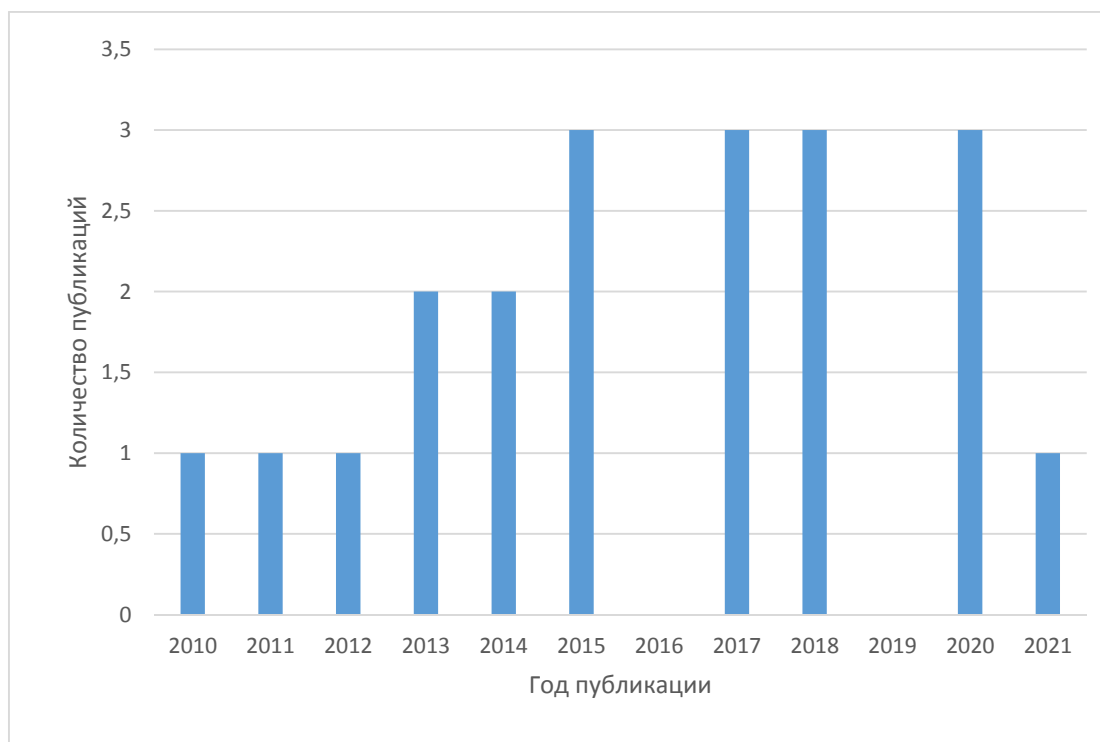


Рис. Распределение публикаций обзоров по годам

Во-вторых, способы к созданию интерфейсов такого рода имеют существенное разнообразие – от генерации рекомендаций для разработчиков до учета местоположения пользователя.

В-третьих, области запроса на применение интерфейсов, как и способы их создания, являются достаточно разнообразными – от типовых Веб-приложений и USSD-сервисов до ракетно-космической отрасли.

В-четвертых, из 20 рассмотренных публикаций лишь шесть (то есть 30 %) имеют в основе некоторую формализацию.

В-пятых, 11 решений предлагается применять на этапе проектирования интерфейса, четыре – при использовании, и остальные пять – на всех этапах. Таким образом, присутствует некоторый перевес в сторону заблаговременного создания интерфейса, нежели его подстройки в режиме реального времени.

И, в-шестых, лишь в двух из 20 работ (то есть в 10 %) предлагается применять модели и методы машинного обучения, что, исходя из все вновь открывающихся возможностей технологий искусственного интеллекта является безусловным упущением. При этом в одной статье для решения задачи указываются генетические алгоритмы (аналогично с работами [26, 27]), а во второй – ИНС с четырьмя скрытыми слоями.

Исходя из сделанных выводов, можно заключить следующее – несмотря на актуальность, а также огромное количество способов к созданию динамических адаптивных интерфейсов и областей их востребованности, отсутствуют какие-либо общие подходы, при этом являющиеся интеллектуальными. Все это позволяет обоснованно говорить о востребованности последнего.

### Заключение

В работе произведен обзор 20 научных публикаций на тему создания динамических адаптивных интерфейсов, востребованных в различных областях. Результаты обзоров систематизированы в табличном виде, который позволит произвести их сравнительный анализ по следующим критериями: год публикации, лежащий в основе способ, область применения, формализация способа, этап внедрения в жизненный цикл интерфейса, а также применение машинного обучения. Отмечено, что лишь в 10 % работ применяется машинное обучение на базе генетических алгоритмов и ИНС. По результатам анализа сделан вывод касательно необходимости создания общего интеллектуального подхода к построению интерфейсов.

Продолжением исследования должна стать детализация интеллектуального подхода, предлагаемого авторами, в виде соответствующей модели и метода, а также аппарата для оценки его эффективности.

### Список источников

1. Курта П.А., Буйневич М.В. Онтологическая модель взаимодействия пользователя с информационной системой в рамках получения услуги информационного сервиса // Вестник кибернетики. 2021. № 2 (42). С. 17–23.
2. Курта П.А. Взаимодействие пользователя с информационной системой. Часть 1. Схема взаимодействия и классификация недостатков // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2020. № 8-9. С. 35–45.
3. Курта П.А. Взаимодействие пользователя с информационной системой. Часть 2. Алгоритмы обнаружения недостатков // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2020. № 10. С. 34–44.
4. Курта П.А. Взаимодействие пользователя с информационной системой. Часть 3. Оценка эффективности // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2021. № 4. С. 58–72.
5. Ахунова Д.Г., Вострых А.В., Курта П.А. Оценка пользовательского интерфейса информационных систем посредством моделей качества программного обеспечения // Информатизация и связь. 2020. № 2. С. 127–135.
6. Исмагилова И.М., Валеев С.С. Построение динамических адаптивных интерфейсов информационно-управляющих систем на основе методов искусственного интеллекта // Вестник уфимского государственного авиационного технического университета. 2018. № 2 (80). С. 122–130.
7. Кириллов Н.Д., Кольцова Э.М., Соколов А.П. Разработка веб-ориентированных динамических пользовательских интерфейсов для распределенных систем инженерного анализа // Успехи в химии и химической технологии. 2017. № 8 (189). С. 63–65.

8. Зосимов В.В., Христоводоров А.В., Булгакова А.С. Программные решения для динамического изменения пользовательского интерфейса на основе автоматически собранной информации о пользователе // Труды института системного программирования РАН. 2018. № 3. С. 207–220.
9. Ролич А.Ю. Программный конструктор динамических пользовательских интерфейсов для Интернет вещей // Качество. Инновации. Образование. 2015. № 4 (119). С. 50–60.
10. Фомина Т.А., Новикова Г.М. Проектирование адаптивного интерфейса ИС для поддержки деятельности образовательного учреждения // Вестник алтайской академии экономики и права. 2020. № 6-1. С. 125–133.
11. Зубкова Т.М., Тагирова Л.Ф., Тагиров В.К. Автоматизация проектирования адаптивных пользовательских интерфейсов с элементами искусственного интеллекта // Программные продукты и системы. 2020. № 1. С. 5–12.
12. Верлань А.Ф., Сопель М.Ф., Фуртат Ю.О. Об организации адаптивного пользовательского интерфейса в автоматизированных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 1 (150). С. 100–110.
13. Артемов М.А., Беляев Р.В., Чиченин А.А. Метод проектирования контекстно-зависимых адаптивных пользовательских интерфейсов в составе системы управления проектами // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Системный анализ и информационные технологии. 2013. № 2. С. 128–133.
14. Применение подхода на основе паттернов при разработке адаптивного пользовательского интерфейса для людей с ограниченными возможностями / А.В. Скориков [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. № 1 (196). С. 97–102.
15. Евсеев В.В., Хряпкин А.В., Мещеряков Ю.В. Метод синтеза адаптивного интерфейса взаимодействия пользователей с образовательной средой с учетом их предпочтений // Проблемы информационных технологий. 2014. № 1 (15). С. 132–135.
16. Исмагилова И.М. Построение адаптивных интерфейсов с применением метода анализа иерархий // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. Т. 2. № 13. С. 101–103.
17. Поцелуйко А.С., Кульцова М.Б., Дворянкин А.М. Редактор для создания адаптивных интерфейсов мобильных приложений для людей с ограниченными возможностями // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2018. № 8 (218). С. 88–97.
18. Лакотин П.А., Медведев Д.В. Адаптивный пользовательский интерфейс в системе умного дома // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 46. С. 1066–1073.
19. Применение адаптивного сенсорного интерфейса в приложениях информационной безопасности / К.Н. Жернова [и др.] // Вопросы кибербезопасности. 2020. № 1 (35). С. 18–28.
20. Шумкина В.В. Алгоритм автоматической адаптации древовидных пользовательских интерфейсов // Альманах современной науки и образования. 2013. № 6 (73). С. 194–196.
21. Дворянкин А.М., Романенко Р.Р., Поцелуйко А.С. Разработка алгоритма адаптации интерфейсов для людей с ограниченными возможностями // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2015. № 14 (178). С. 49–55.
22. Гумиров Ш.Ш. Метод адаптации пользовательского интерфейса телекоммуникационных сервисов на основе скрытых марковских моделей // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер.: Информационные технологии. 2010. Т. 8. № 2. С. 43–53.
23. Методы и модели формирования адаптивных пользовательских интерфейсов в системах поддержки управленческих решений / Е.С. Москвичев [и др.] // Вестник

Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 1 (28). С. 114–119.

24. Морозов И.С. Алгоритм автоматической адаптации интерфейса мобильных USSD-сервисов // Альманах современной науки и образования. 2015. № 8 (98). С. 82–85.

25. Крылов А.О., Беляев А.В. Адаптивные интерфейсы автоматизированных систем управления в строительстве // Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 432–436.

26. Израйлов К.Е. Концепция генетической декомпиляции машинного кода телекоммуникационных устройств // Труды учебных заведений связи. 2021. Т. 7. № 4. С. 10–17. DOI: 10.31854/1813-324X-2021-7-4-95-109.

27. Израйлов К.Е. Применение генетических алгоритмов для декомпиляции машинного кода // Защита информации. Инсайд. 2020. № 3 (93). С. 24–30.

## References

1. Kurta P.A., Bujnevich M.V. Ontologicheskaya model' vzaimodejstviya pol'zovatelya s informacionnoj sistemoj v ramkah polucheniya uslugi informacionnogo servisa // Vestnik kibernetiki. 2021. № 2 (42). S. 17–23.

2. Kurta P.A. Vzaimodejstvie pol'zovatelya s informacionnoj sistemoj. Chast' 1. Skhema vzaimodejstviya i klassifikaciya nedostatkov // Izvestiya SPbGETU LETI. 2020. № 8-9. S. 35–45.

3. Kurta P.A. Vzaimodejstvie pol'zovatelya s informacionnoj sistemoj. Chast' 2. Algoritmy obnaruzheniya nedostatkov // Izvestiya SPbGETU LETI. 2020. № 10. S. 34–44.

4. Kurta P.A. Vzaimodejstvie pol'zovatelya s informacionnoj sistemoj. Chast' 3. Ocenka effektivnosti // Izvestiya SPbGETU LETI. 2021. № 4. S. 58–72.

5. Ahunova D.G., Vostryh A.V., Kurta P.A. Ocenka pol'zovatel'skogo interfejsa informacionnyh sistem posredstvom modelej kachestva programmogo obespecheniya // Informatizaciya i svyaz'. 2020. № 2. S. 127–135.

6. Ismagilova I.M., Valeev S.S. Postroenie dinamicheskikh adaptivnyh interfejsov informacionno-upravlyayushchih sistem na osnove metodov iskusstvennogo intellekta // Vestnik ufm'skogo gosudarstvennogo aviacionnogo tekhnicheskogo universiteta. 2018. № 2 (80). S. 122–130.

7. Kirillov N.D., Kol'cova E.M., Sokolov A.P. Razrabotka veb-orientirovannyh dinamicheskikh pol'zovatel'skikh interfejsov dlya raspredelennyh sistem inzhenernogo analiza // Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii. 2017. № 8 (189). S. 63–65.

8. Zosimov V.V., Hristodorov A.V., Bulgakova A.S. Programmnye resheniya dlya dinamicheskogo izmeneniya pol'zovatel'skogo interfejsa na osnove avtomaticheskoi sobrannoj informacii o pol'zovatele // Trudy instituta sistemnogo programmirovaniya RAN. 2018. № 3. S. 207–220.

9. Rolich A.Yu. Programmnyj konstruktor dinamicheskikh pol'zovatel'skikh interfejsov dlya Internet veshchej // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. 2015. № 4 (119). S. 50–60.

10. Fomina T.A., Novikova G.M. Proektirovanie adaptivnogo interfejsa IS dlya podderzhki deyatel'nosti obrazovatel'nogo uchrezhdeniya // Vestnik altajskoj akademii ekonomiki i prava. 2020. № 6-1. S. 125–133.

11. Zubkova T.M., Tagirova L.F., Tagirov V.K. Avtomatizaciya proektirovaniya adaptivnyh pol'zovatel'skikh interfejsov s elementami iskusstvennogo intellekta // Programmnye produkty i sistemy. 2020. № 1. S. 5–12.

12. Verlan' A.F., Sopol' M.F., Furtat Yu.O. Ob organizacii adaptivnogo pol'zovatel'skogo interfejsa v avtomatizirovannyh sistemah // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2014. № 1 (150). S. 100–110.

13. Artemov M.A., Belyaev R.V., Chichenin A.A. Metod proektirovaniya kontekstno-zavisimyh adaptivnyh pol'zovatel'skikh interfejsov v sostave sistemy upravleniya proektami // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii. 2013. № 2. S. 128–133.

14. Primenenie podhoda na osnove patternov pri razrabotke adaptivnogo pol'zovatel'skogo interfejsa dlya lyudej s ogranichennymi vozmozhnostyami / A.V. Skorikov [i dr.] // *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2017. № 1 (196). S. 97–102.
15. Evseev V.V., Hryapkin A.V., Meshcheryakov Yu.V. Metod sinteza adaptivnogo interfejsa vzaimodejstviya pol'zovatelej s obrazovatel'noj sredoj s uchetom ih predpochtenij // *Problemi informacijnih tekhnologij*. 2014. № 1 (15). S. 132–135.
16. Ismagilova I.M. Postroenie adaptivnyh interfejsov s primeneniem metoda analiza ierarhij // *Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavtiki*. 2017. T. 2. № 13. S. 101–103.
17. Pocelujko A.S., Kul'cova M.B., Dvoryankin A.M. Redaktor dlya sozdaniya adaptivnyh interfejsov mobil'nyh prilozhenij dlya lyudej s ogranichennymi vozmozhnostyami // *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018. № 8 (218). S. 88–97.
18. Lakotin P.A., Medvedev D.V. Adaptivnyj pol'zovatel'skij interfejs v sisteme umnogo doma // *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*. 2021. № 46. S. 1066–1073.
19. Primenenie adaptivnogo sensornogo interfejsa v prilozheniyah informacionnoj bezopasnosti / K.N. Zhernova [i dr.] // *Voprosy kiberbezopasnosti*. 2020. № 1 (35). S. 18–28.
20. Shumkina V.V. Algoritm avtomaticheskoy adaptacii drevovidnyh pol'zovatel'skih interfejsov // *Al'manah sovremennoj nauki i obrazovaniya*. 2013. № 6 (73). S. 194–196.
21. Dvoryankin A.M., Romanenko R.R., Pocelujko A.S. Razrabotka algoritma adaptacii interfejsov dlya lyudej s ogranichennymi vozmozhnostyami // *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015. № 14 (178). S. 49–55.
22. Gumirov Sh.Sh. Metod adaptacii pol'zovatel'skogo interfejsa telekommunikacionnyh servisov na osnove skrytyh markovskih modelej // *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta*. Ser.: Informacionnye tekhnologii. 2010. T. 8. № 2. S. 43–53.
23. Metody i modeli formirovaniya adaptivnyh pol'zovatel'skih interfejsov v sistemah podderzhki upravlencheskih reshenij / E.S. Moskvichev [i dr.] // *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2012. № 1 (28). S. 114–119.
24. Morozov I.S. Algoritm avtomaticheskoy adaptacii interfejsa mobil'nyh USSD-servisov // *Al'manah sovremennoj nauki i obrazovaniya*. 2015. № 8 (98). S. 82–85.
25. Krylov A.O., Belyaev A.V. Adaptivnye interfejsy avtomatizirovannyh sistem upravleniya v stroitel'stve // *Vestnik MGSU*. 2011. № 6. S. 432–436.
26. Izrailov K.E. koncepciya geneticheskoy dekompilyacii mashinnogo koda telekommunikacionnyh ustrojstv // *Trudy uchebnyh zavedenij svyazi*. 2021. T. 7. № 4. S. 10–17. DOI: 10.31854/1813-324X-2021-7-4-95-109.
27. Izrailov K.E. Primenenie geneticheskikh algoritmov dlya dekompilyacii mashinnogo koda // *Zashchita informacii. Insajd*. 2020. № 3 (93). S. 24–30.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 24.10.2023; одобрена после рецензирования: 07.11.2023;  
принята к публикации: 10.11.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 24.10.2023; approved after review: 07.11.2023;  
accepted for publication: 10.11.2023

*Сведения об авторах:*

**Курта Павел Александрович**, инженер технической поддержки кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, к. 1), e-mail: [expert@kurta.ru](mailto:expert@kurta.ru), <https://orcid.org/0009-0005-6073-8626>

**Израилов Константин Евгеньевич**, старший научный сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (199178, Санкт-Петербург, В.О., 14-я линия, д. 39), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [konstantin.izrailov@mail.ru](mailto:konstantin.izrailov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9412-5693>, SPIN-код: 5109-3499

*Information about the authors:*

**Kurta Pavel A.** technical support engineer of the department of information systems security of the Bonch-Bruevich Saint-Petersburg state university of telecommunications (193232, Saint-Petersburg, Prospekt Bolshevnikov, 22/1), e-mail: [expert@kurta.ru](mailto:expert@kurta.ru), <https://orcid.org/0009-0005-6073-8626>

**Izrailov Konstantin E.**, senior researcher at the computer security problems laboratory of the Saint-Petersburg Federal research center of the Russian academy of sciences (199178, Saint-Petersburg, 14-th Linia, 39), candidate of technical sciences, docent, e-mail: [konstantin.izrailov@mail.ru](mailto:konstantin.izrailov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9412-5693>, SPIN: 5109-3499