

УДК 004.51

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-680-688

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Т.М. Зубкова^а, Л.Ф. Тагирова^а, В.К. Тагиров^б

^а Оренбургский государственный университет, Оренбург, 460018, Российская Федерация

^б Оренбургский филиал Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, Оренбург, 460050, Российская Федерация

Адрес для переписки: Bars87@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 29.04.19, принята к печати 01.06.19

Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования: Зубкова Т.М., Тагирова Л.Ф., Тагиров В.К. Прототипирование адаптивных пользовательских интерфейсов прикладных программ с использованием методов искусственного интеллекта // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 680–688. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-680-688

Аннотация

Предмет исследования. Выполнено исследование в области разработки пользовательского интерфейса прикладного программного обеспечения с использованием элементов искусственного интеллекта. Создана методика разработки интерфейсов адаптивного прикладного программирования, основанная на оценке профессиональных качеств пользователя, психофизиологических особенностей и эмоционального состояния. Программная система разработана и реализована с возможностью выбора интерфейса прикладного программирования с учетом аудитории пользователей и конкретного состояния пользователя. Проведен анализ работ, посвященных данной проблеме, в результате выявлено, что при построении модели пользователя и прототипа интерфейса авторы ограничиваются оценкой умения работы на компьютере и знанием предметной области, но не принимается во внимание эмоциональное состояние и психофизиологические особенности пользователя. **Метод.** Для реализации аналитической части программной системы использована нечеткая экспертная система, ядром которой является продукционная модель представления знаний. На предварительном этапе сформирована группа экспертов и реализовано ранжирование характеристик пользователей. В результате разработана база правил продукционной модели экспертной системы, которая позволяет на основе результатов оценки характеристик пользователей и их эмоционального состояния подобрать наиболее подходящий прототип шаблона интерфейса. **Основные результаты.** Применение методов искусственного интеллекта позволяет на более высоком качественном уровне проектировать пользовательские интерфейсы. Реализованный адаптивный интерфейс обеспечивает удобное взаимодействие пользователя с программной системой и позволяет сократить число ошибочных действий, возникающих при работе специалистов. **Практическая значимость.** Разработанная программная система проектирования адаптивных пользовательских интерфейсов может быть использована при проектировании прикладного программного обеспечения в различных сферах деятельности для широкой пользовательской аудитории.

Ключевые слова

адаптивный интерфейс, искусственный интеллект, экспертная система, продукционная модель

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-680-688

PROTOTYPING OF ADAPTIVE USERS' APPLICATION PROGRAMMING INTERFACES BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

T.M. Zubkova^a, L.F. Tagirova^a, V.K. Tagirov^b

^a Orenburg State University, Orenburg, 460018, Russian Federation

^b Orenburg Branch of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Orenburg, 460050, Russian Federation

Corresponding author: Bars87@mail.ru

Article info

Received 29.04.19, accepted 01.06.19

Article in Russian

For citation: Zubkova T.M., Tagirova L.F., Tagirov V.K. Prototyping of adaptive user application programming interfaces by artificial intelligence methods. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 680–688 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-680-688

Abstract

Subject of Research. The paper presents research on the development of the application software user interface with the use of artificial intelligence elements. A technique is created for development of adaptive application programming interfaces based on assessment of the users' professional qualities, psychophysiological features and emotional state. The program system is developed and implemented capable of selecting the application programming interface with regard to the users' audience and the user's specific state. The analysis of works on this problem is carried out. As a result, it is revealed that while the user's model and the interface prototype creation the authors were limited to assessment of computer skills and domain knowledge, but the user's emotional state and psychophysiological features were not considered. **Method.** Indistinct expert system with a core in the form of the production model of knowledge representation is used for implementation of program system analytical part. The group of experts is created and ranging of users' characteristics is implemented at a preliminary stage. The rule base of expert system production model is developed which chooses the most suitable prototype of interface template on the basis of assessment results of users' characteristics and their emotional state. **Main Results.** Application of artificial intelligence methods gives the possibility to design user's interfaces at higher qualitative level. The implemented adaptive interface provides convenient interaction of the user with a program system and reduces the number of wrong specialists' actions. **Practical Relevance.** The developed program system for design of adaptive users' interfaces can be used at application software design in various areas of interests for wide users' audience.

Keywords

adaptive interface, artificial intelligence, expert system, production model

Введение

В настоящее время получают все более широкое распространение программные средства, ориентированные на различных пользователей, под которыми имеются в виду лица, принадлежащие разным возрастным категориям, разным социальным слоям, имеющим разные культурные традиции, области профессиональных интересов и т.д. [1].

В этой связи большое внимание в области разработки средств вычислительной техники уделяется проблеме персонализации прикладных программ (ПП) к особенностям пользователей. Это в свою очередь выдвигает ряд требований к разработке интерфейса. Одним из вариантов достижения взаимопонимания разработчика программы и ее заказчика является разработка адаптивного пользовательского интерфейса.

Прототипирование или создание прототипа интерфейса позволяет создавать макеты интерфейсов разной степени достоверности: от черновых набросков и бумажных прототипов до интерактивных макетов.

Анализ работ современных ученых показал, что проблемой прототипирования адаптивных интерфейсов пользователей прикладных программ занимается большое количество как отечественных [1–6], так и зарубежных авторов [7–14], что свидетельствует об актуальности рассматриваемой научной проблемы. Многие авторы предлагают различные подходы для ее решения.

Курзацева Л.И. [1] предлагает подход, основанный на использовании мета-онтологии построения модели пользователя. Авторами Диковицким В.Г., Шишаевым М.Г. описана технология разработки прототипов интерфейсов, адаптированных к контексту решаемой задачи на основе модели знаний категорий пользователей [5].

Гумиров Ш.Ш. предлагает метод адаптации пользовательского интерфейса на основе скрытых марковских моделей [6].

Однако при построении модели пользователя и прототипа интерфейса не принимается во внимание эмоциональное состояние пользователя и его психофизиологические особенности. В работах авторы ограничиваются лишь оценкой умения работы пользователя на компьютере и знанием предметной области.

В рамках проводимого исследования решение данного вопроса было реализовано для филиала Федерального казенного учреждения «Налог-Сервис». Сотрудники налоговой службы имеют различный базовый уровень работы с компьютерной техникой. Как результат, налоговым инспекторам с начальным уровнем подготовки приходится тратить большое количество времени на поиск компонентов меню и нужных кнопок на панели инструментов. Также при формировании квартальных и годовых отчетов сотрудники нередко работают без выходных, сверхурочно, практически без перерывов, что отрицательно влияет на их эмоциональное состояние, внимание и быстроту реакций.

Следовательно, требуется разработка автоматизированной системы, которая бы обрабатывала данные о налогоплательщиках и имела бы интерфейс, адаптированный под уровень владения компьютером пользователя и его эмоциональное состояние.

В ходе проводимого научного исследования было спроектировано пять прототипов интерфейсов пользователей, каждый из которых отличается сложностью меню, наличием подсказок и цветовым оформлением. Для отнесения пользователя к тому или иному типу интерфейса предварительно необходимо оценить его характеристики.

Определено пять типов пользователей: «Профессионал», «Опытный пользователь», «Уверенный пользователь», «Типовой», «Новичок». Для того чтобы отнести пользователя к одному из перечисленных типов, необходимо выявить их характерные особенности. В качестве характеристик пользователя были определены их профессиональные качества, отражающие уровень владения компьютерной техникой: компьютерная грамотность, системный опыт, опыт работы с подобными программами, машинный код. Также

учитывались психофизиологические особенности будущих пользователей ПП, такие как мышление, память, концентрация внимания. Каждое из перечисленных качеств может быть сформировано на одном из трех уровней: высокий уровень, средний и низкий.

Было определено, что каждый из пяти типов пользователей может находиться в одном из трех эмоциональных состояний: адекватное, возбужденное и стресс.

В спокойном эмоциональном состоянии пользователь может в полной мере реализовать возможности ПП, адекватно реагирует на любые сообщения системы.

Возбужденное состояние характеризуется эмоциональным дискомфортом, при котором у пользователя теряется внимание к мелким деталям, ему тяжело разобраться со сложным меню. В таком состоянии требуется делать кнопки меню более крупными, чтобы пользователь смог сразу реализовать необходимые функции системы.

В стрессовом состоянии происходит перенапряжение психического и нервного характера, заторможенность реакций, и человеку сложно отвечать на действия системы с полной адекватностью. В этом состоянии пользователь тратит больше времени на изучение пунктов меню интерфейса, процесс работы с ПП замедляется. В данном случае необходимо использовать больше подсказок, сообщений для корректной работы с ПП [15].

На пересечении характеристик пользователя и его эмоционального состояния подбирается именно тот интерфейс, который соответствует именно ему. Причем каждый из пяти выявленных типов пользователей («Профессионал», «Опытный пользователь», «Уверенный пользователь», «Типовой», «Новичок») в различный момент времени может иметь различное состояние. Следовательно, один и тот же пользователь при работе с системой может иметь различный прототип интерфейса в зависимости от того, в каком эмоциональном состоянии он находится.

Разработка автоматизированной системы проектирования адаптивных пользовательских интерфейсов

Для решения проблемы адаптации пользовательских интерфейсов прикладных программ разработана автоматизированная информационная система (АИС), которая позволяет на основе оценки характеристик пользователя и его эмоционального состояния предоставлять тот прототип интерфейса, который ему подходит. В итоге пользователи с разными уровнем подготовки и возможностями смогут более комфортно осуществлять свою профессиональную деятельность при работе с прикладной программой.

Для демонстрации функций АИС было использовано средство автоматизированного проектирования BP-WIN в нотации IDEF0. Декомпозиция контекстной диаграммы представлена на рис. 1.

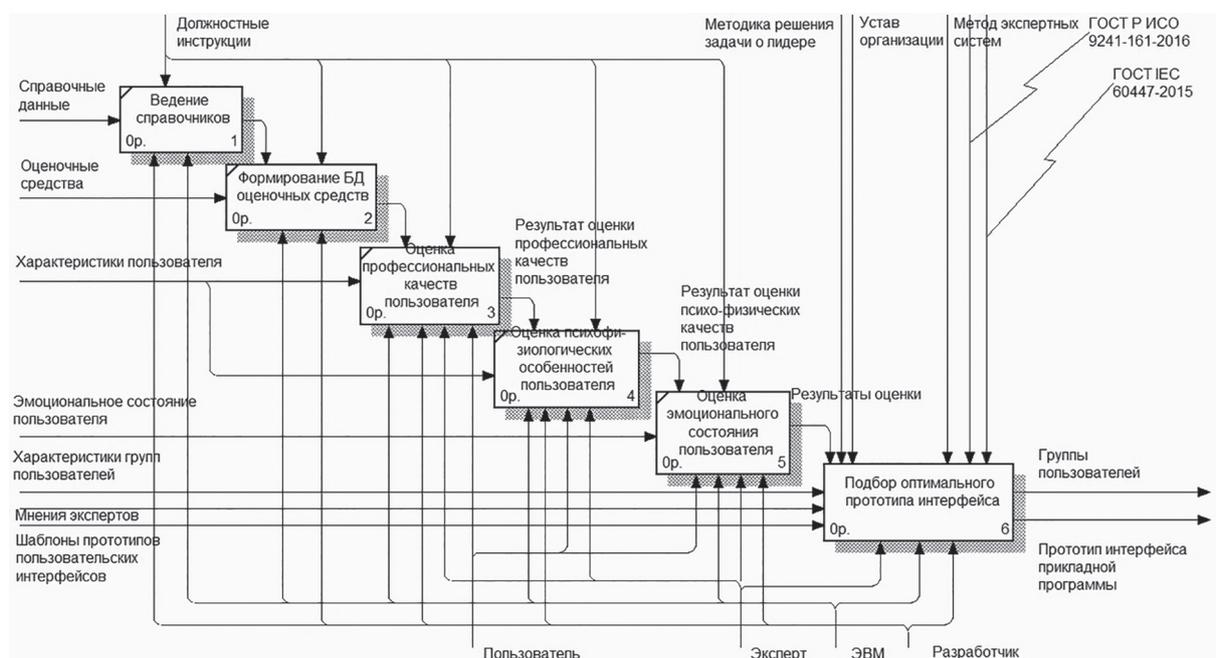


Рис. 1. Проект автоматизированной системы

Как видно на рис. 1, процесс разработки адаптивных интерфейсов включает в себя шесть этапов. На начальном этапе формируются справочники. Затем формируется база оценочных средств, по которым производится оценка профессиональных качеств, психофизиологических особенностей и эмоционального состояния пользователя. Результаты оценки пользователей сохраняются в базе данных (БД) АИС.

Для оценки профессиональных качеств пользователя используются методы анкетирования, тестирования на профпригодность, решения профессиональных задач и др. Для оценки психофизиологических особенностей используются такие методы, как психологическое тестирование, анкетирование и др.

И, наконец, для оценки эмоционального состояния пользователя был взят восьмицветовой тест Люшера. При использовании данного теста пользователю предлагается выбрать из разложенных перед ним цветных таблиц самый приятный цвет, сообразуясь с тем, насколько этот цвет предпочитаем в сравнении с другими при данном выборе и в данный момент [16]. В результате выдается результат о том, в каком эмоциональном состоянии находится пользователь, работающий с ПП в данный момент.

Формирование групп пользователей и проектирование на их основе прототипов интерфейсов реализуется в последнем блоке, в который поступают результаты оценки. Для принятия решения о том, какой шаблон соответствует определенной группе пользователей и подбор наиболее подходящего интерфейса, использовалась нечеткая экспертная система, ядром которой является продукционная модель представления знаний.

Экспертная система подбора оптимального шаблона прототипа интерфейса

Экспертная система (ЭС) представляет собой программное средство, которое использует экспертные знания для обеспечения высокоэффективного решения задач в узкой предметной области [17].

В процессе выполнения работы ЭС, как часть АИС, анализирует результаты оценки пользователей и на основе сравнения с базой правил подбирает необходимый прототип интерфейса, тем самым адаптируя его под требования каждого пользователя. Проект функционирования ЭС представлен на рис. 2.

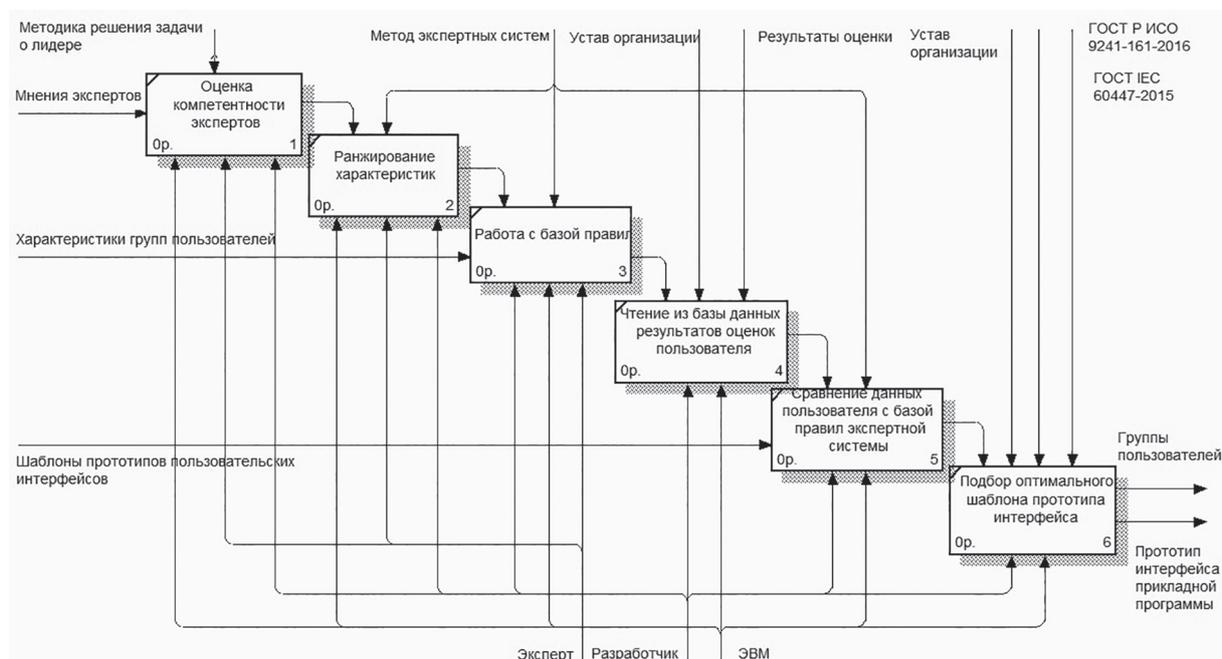


Рис. 2. Проект экспертной системы

Как известно, эффективность начальных этапов разработки ЭС во многом определяется успешным формированием авторитетной группы экспертов и получением от них качественных знаний, составляющих основу любой ЭС [17]. Как видно на рис. 2, при работе экспертной системы на первом этапе была реализована оценка компетентности экспертов для формирования экспертной группы. Затем было реализовано ранжирование характеристик пользователей с учетом мнений членов экспертной группы. На основе полученных данных были сформулированы правила продукционной модели представления знаний нечеткой экспертной системы.

На следующем этапе происходит чтение результатов оценки характеристик пользователей и их эмоционального состояния, полученные в результате работы АИС. Данные пользователей сравниваются с правилами базы правил. В результате формируются группы пользователей и предоставляется тот прототип интерфейса, который соответствует именно этой группе пользователей.

Предложенная методика была реализована в АИС, которая включает экспертную систему подбора оптимального интерфейса.

На предварительном этапе работы экспертной системы в пункте меню «Экспертная оценка» формируется группа на основе взаимной оценки компетентности экспертов. Затем группа экспертов формируют базу

правил экспертной системы в пункте меню «Работа с базой правил». Помимо этого имеется возможность анализа работы правил продукционной модели в пункте «Трассировка».

Для непосредственной реализации работы экспертной системы предназначен пункт главного меню «Подбор оптимального прототипа», в результате работы которого пользователю будет предоставлен адаптированный под его особенности интерфейс.

Экспертная оценка. Формирование группы экспертов

Экспертная оценка — процедура получения оценки проблемы на основе мнения специалистов с целью последующего принятия решения. Экспертное оценивание предполагает создание некоего разума, обладающего большими способностями по сравнению с возможностями отдельного человека [18].

Один из возможных путей количественного описания характеристик эксперта основан на вычислении относительных коэффициентов компетентности по результатам высказывания специалистов о составе экспертной группы.

Для формирования группы экспертов была использована взаимная оценка компетентности экспертов. Суть методики сводится к тому, что ряду специалистов предлагается высказать мнение о списочном составе экспертной группы. Результатом опроса является информация, выражающая предпочтение экспертов и содержательное обоснование этих предпочтений. По результатам опроса составляется матрица-таблица, по строкам и столбцам которой записываются фамилии экспертов, а элементами таблицы являются переменные:

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-ый эксперт назвал } i\text{-го} \\ 0, & \text{если } i\text{-ый эксперт назвал } j\text{-го} \end{cases}$$

При этом эксперт может включать себя или не включать в экспертную группу (т. е. $x_{ij} = 0$ или $x_{ij} = 1$) [18].

Для решения проблем с высоким уровнем информационного потенциала знаний, увеличение количества экспертов в группе приводит к возрастанию достоверности экспертизы (рис. 3). На этом основании в ходе проводимого исследования было привлечено двадцать экспертов. Каждый эксперт высказался о составе экспертной группы. При опросе было учтено мнение каждого из них.

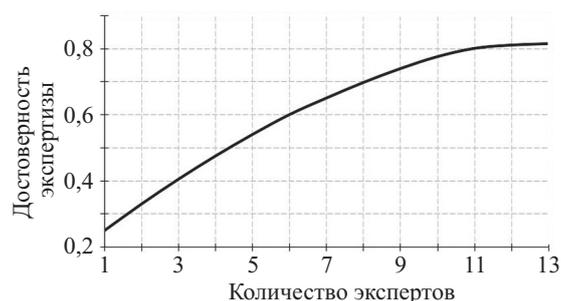


Рис. 3. Достоверность экспертизы от количества экспертов

На рис. 4 представлена оконная форма работы программного средства для расчета коэффициентов относительной компетентности экспертов.

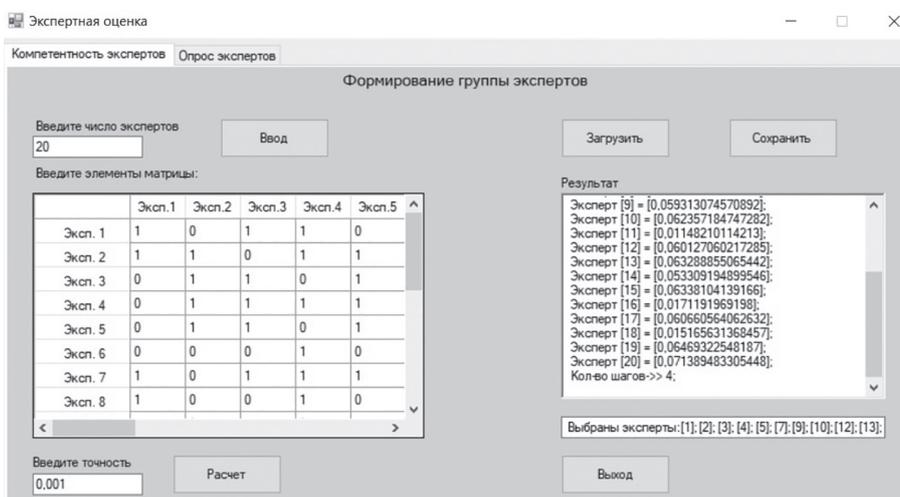


Рис. 4. Оконная форма расчета коэффициентов относительной компетентности

Как видно на рис. 4, из двадцати экспертов, которые участвовали в опросе, эксперты под номерами 6, 8, 11, 16, 18 получили самую низкую оценку и не вошли в экспертную группу. В результате была сформирована группа экспертов из пятнадцати человек, которая участвовала в дальнейшем при разработке базы правил нечеткой экспертной системы.

Выявление знаний от экспертов

При разработке экспертной системы очень важно реализовать получение знаний от экспертов для оценки характеристик, используемых в экспертной системе. К наиболее часто используемым методам получения знаний от экспертов относятся: ранжирование, парное сравнение, непосредственная оценка [18].

В рамках проводимого исследования был выбран метод ранжирования, который позволяет упорядочить объекты по степени их влияния на результат. На основе своих знаний и опыта эксперты располагают объектами в порядке предпочтения.

Пятнадцать экспертов провели ранжирование восьми характеристик пользователя, на основе которых подбирается оптимальный интерфейс. Им было предложено расставить ранги для перечисленных характеристик по степени важности:

1 — компьютерная грамотность, 2 — системный опыт, 3 — опыт работы с подобными программами, 4 — машинопись, 5 — мышление, 6 — память, 7 — концентрация внимания, 8 — эмоциональное состояние.

В результате оценки экспертов был сформирован ранжированный список характеристик в порядке убывания важности (рис. 5).

Как видно на рис. 5, согласно мнениям экспертов, самой важной характеристикой является компьютерная грамотность, а самой незначительной является машинопись. Полученная последовательность имеет следующий вид: 1 — компьютерная грамотность, 2 — опыт работы с подобными программами, 3 — эмоциональное состояние, 4 — мышление, 5 — системный опыт, 6 — память, 7 — концентрация внимания, 8 — машинопись.

Экспертная оценка

Компетентность экспертов Опрос экспертов

Ранжирование характеристик

Число экспертов: 15

Число факторов: 8

Ввод Загрузить Сохранить

Исходные данные

	Эксп.1	Эксп.2	Эксп.3	Эксп.4	Эксп.5	Эксп.6
О.1	1	2	1	2	1	1
О.2	5	6	5	6	4	3
О.3	2	1	2	1	3	4
О.4	8	7	8	7	8	8
О.5	4	3	4	5	3	5
О.6	6	5	6	8	6	6
О.7	7	8	7	3	5	7
О.8	3	4	3	4	2	2

Объекты:

```

K [1] = [0, 321462400556046];
K [3] = [0, 252728581832934];
K [8] = [0, 176011597781814];
K [5] = [0, 0803310203623294];
K [2] = [0, 0694405144230243];
K [6] = [0, 040366410860811];
K [7] = [0, 0379248989712148];
K [4] = [0, 0217345752118263];

```

Введите точность: 0,001 Расчет Вывод

Рис. 5. Оконная форма расчета ранжирования характеристик пользователя

Полученные данные были учтены экспертами при разработке базы правил нечеткой экспертной системы. В качестве модели представления знаний в АИС выбрана продукционная модель, а для получения заключений реализован прямой логический вывод. Разработанная база знаний содержит более тридцати правил. Фрагмент базы правил представлен на рис. 6.

На основе сравнения описанных правил базы знаний и оценки пользователей, ЭС позволит получить решение о выборе подходящего прототипа интерфейса прикладной программы. Другими словами, позволит адаптировать интерфейс прикладной программы под конкретного пользователя.

Принятые сокращения на рис. 6: КГ — компьютерная грамотность, СО — системный опыт, ОРПП — опыт работы с подобными программами, МП — машинопись, М — мышление, П — память, КВ — концентрация внимания, ЭС — эмоциональное состояние, А — адекватное состояние, В — возбужденное, С — стресс.

Уровни сформированности: В — высокий, С — средний, Н — низкий.

Для наглядного представления работы экспертной системы было разработано правило логического вывода (рис. 7).

ЕСЛИ КГ=В И СО=В И ОРШ=В И МП=В И М=В И П=В И КВ=В И ЭС=А ТОГДА «Шаблон 1»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=В И ОРШ=В И МП=В И М=В И П=В И КВ=В И ЭС=В ТОГДА «Шаблон 2»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=В И ОРШ=В И МП=В И М=В И П=В И КВ=В И ЭС=С ТОГДА «Шаблон 3»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=С И ОРШ=С И МП=В И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=А ТОГДА «Шаблон 2»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=С И ОРШ=С И МП=В И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=В ТОГДА «Шаблон 3»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=С И ОРШ=С И МП=В И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=С ТОГДА «Шаблон 4»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=С И ОРШ=С И МП=С И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=А ТОГДА «Шаблон 2»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=С И ОРШ=С И МП=В И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=В ТОГДА «Шаблон 3»
 ЕСЛИ КГ=В И СО=С И ОРШ=С И МП=С И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=С ТОГДА «Шаблон 4»
 ЕСЛИ КГ=С И СО=С И ОРШ=С И МП=С И М=Н И П=Н И КВ=Н И ЭС=А ТОГДА «Шаблон 3»
 ЕСЛИ КГ=С И СО=С И ОРШ=С И МП=С И М=Н И П=Н И КВ=Н И ЭС=В ТОГДА «Шаблон 4»
 ЕСЛИ КГ=С И СО=С И ОРШ=С И МП=С И М=Н И П=Н И КВ=Н И ЭС=С ТОГДА «Шаблон 5»
 ЕСЛИ КГ=Н И СО=Н И ОРШ=Н И МП=С И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=А ТОГДА «Шаблон 4»
 ЕСЛИ КГ=Н И СО=Н И ОРШ=Н И МП=С И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=В ТОГДА «Шаблон 5»
 ЕСЛИ КГ=Н И СО=Н И ОРШ=Н И МП=С И М=С И П=С И КВ=С И ЭС=С ТОГДА «Шаблон 5»

Рис. 6. База правил экспертной системы

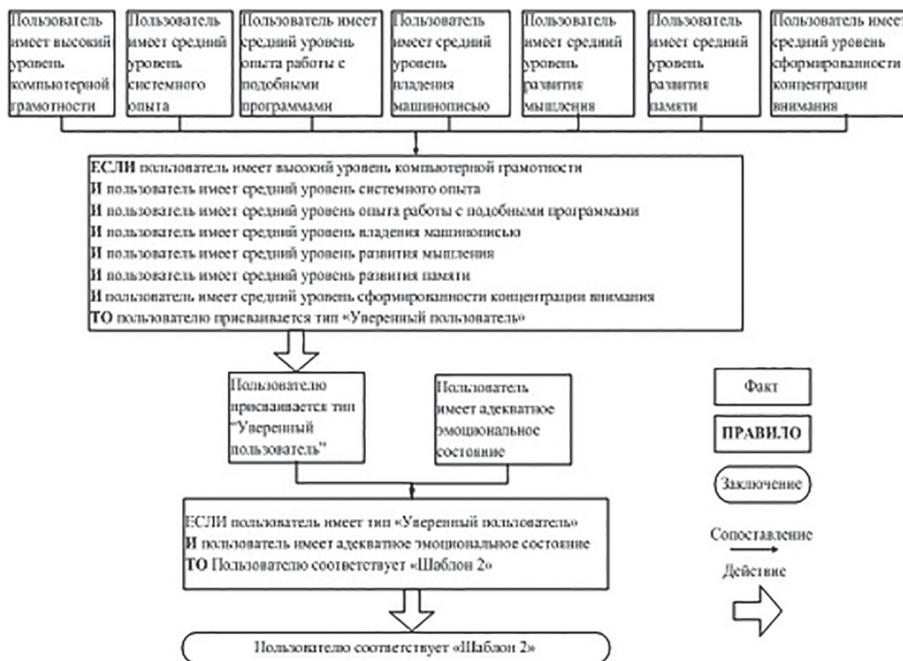


Рис. 7. Правила логического вывода для подбора соответствующего прототипа интерфейса пользователя

Процесс подбора интерфейса проходит в несколько этапов. Сначала оцениваются профессиональные качества пользователя, такие как компьютерная грамотность, системный опыт, опыт работы с подобными системами, машинопись. Также оценивались психофизиологические особенности пользователя, такие как мышление, память и концентрация внимания. Результаты оценки этих качеств (факты) сравниваются с базой правил. После чего получается новый факт о том, что пользователь может быть отнесен к категории «Уверенный пользователь». Затем факт и данные об эмоциональном состоянии пользователя сравниваются с базой правил. В результате срабатывания всех правил выдается заключение о том, какой шаблон соответствует пользователю. На рис. 7 рассмотрен пример, в котором пользователю был подобран «Шаблон 2» со следующими характеристиками.

«Шаблон 2» представляет собой графический интерфейс. В нем используются холодные цвета, сообщения об ошибках выделяются другим цветом. При необходимости пользователю доступен ввод данных с клавиатуры. Используются небольшие кнопки меню и крупный шрифт, а также всплывающие подсказки. Имеются специальные пиктограммы и горячие клавиши. Используются терминология заданной предметной области (налоговая служба).

Аналогичным образом можно провести подбор интерфейса для другой группы пользователей в зависимости от входных параметров.

Заключение

Разработанная автоматизированная информационная система позволяет подбирать пользовательский интерфейс с учетом особенностей и состояния конкретного специалиста, выполняющего свою профессиональную деятельность. Применение прикладных программ с адаптивным пользовательским интерфейсом обеспечивает простой и удобный алгоритм взаимодействия и позволяет сократить или избежать ошибочных действий, которые могут привести к различным последствиям. Использование методов искусственного ин-

телекта для подбора пользовательского интерфейса при проектировании прикладных программ позволит максимально учитывать особенности пользовательской аудитории. Данные исследования могут быть продолжены с целью увеличения предлагаемых вариантов реализации интерфейсной составляющей прикладного программного обеспечения, например, для людей с ограниченными возможностями.

Литература

1. Курзанцева Л.И. О построении интеллектуального интерфейса компьютерной системы со свойствами адаптации // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. 2007. № 6. С. 104–110.
2. Зубкова Т.М., Наточая Е.Н. Проектирование интерфейса программного обеспечения с использованием элементов искусственного интеллекта // Программные продукты и системы. 2017. №1 (30). С. 5–11.
3. Верлань А.Ф., Сопель М.Ф., Фуртат Ю.О. Об организации адаптивного пользовательского интерфейса в автоматизированных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 1. С. 100–110.
4. Попов Ф.А., Ануфриева Н.Ю. Интеллектуализация пользовательских интерфейсов информационных систем // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 300(1). С. 130–133.
5. Диковицкий В.В. Шишаев М.Г. Технология формирования адаптивных пользовательских интерфейсов для мультисредовых информационных систем промышленных предприятий // Известия вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57. № 10. С. 12–16.
6. Гумиров Ш.Ш. Метод адаптации пользовательского интерфейса телекоммуникационных сервисов на основе скрытых марковских моделей // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2010. Т. 8. № 2. С. 43–53.
7. Dong Y., Zhang H., Herrera-Viedma E. Integrating experts' weights generated dynamically into the consensus reaching process and its applications in managing non-cooperative behaviors // Decision Support Systems. 2016. V. 84. P. 1–15. doi: 10.1016/j.dss.2016.01.002
8. Lu J., Wu D., Mao M., Wang W., Zhang G. Recommender system application developments: a survey // Decision Support Systems. 2015. V. 74. P. 12–32. doi: 10.1016/j.dss.2015.03.008
9. Araz O.M., Lant T., Fowler J.W., Jehn M. Simulation modeling for pandemic decision making: a case study with bi-criteria analysis on school closures // Decision Support Systems. 2013. V. 55. N 2. P. 564–575. doi: 10.1016/j.dss.2012.10.013
10. Guo Z. Optimal decision making for online referral marketing // Decision Support Systems. 2012. V. 52. N 2. P. 373–383. doi: 10.1016/j.dss.2011.09.004
11. Toledo C.M., Chiotti O., Galli M.R. Process-aware approach for managing organisational knowledge // Information Systems. 2016. V. 62. P. 1–28. doi: 10.1016/j.is.2016.04.001
12. Sarker S., Ahuj M. Work-life conflict of globally distributed software development personnel: an empirical investigation using border theory // Information Systems Research. 2018. V. 29. N 1. P. 103–126. doi: 10.1287/isre.2017.0734
13. Manfreda A., Kovacic A., Stemberger M.I., Trkman P. Absorptive capacity as a precondition for business process improvement // Journal of Computer Information Systems. 2014. V. 54. N 2. P. 35–43. doi: 10.1080/08874417.2014.11645684
14. Huang T.C.-K., Chen Y.-L., Chang T.-H. A novel summarization technique for the support of resolving multi-criteria decision making problems // Decision Support Systems. 2015. V. 79. P. 109–124. doi: 10.1016/j.dss.2015.08.004
15. Маклаков А.Г. Общая психология. СПб.: Питер, 2019. 583 с.
16. Собчик Л.Н. Модифицированный восьмицветовой тест Люшера. СПб.: Речь, 2001. 112 с.
17. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. М.: Вильямс, 2007. 1152 с.
18. Хабаров С.П. Интеллектуальные информационные системы. Режим доступа: http://www.habarov.spb.ru/new_es/index.htm (дата обращения: 29.04.2019)

References

1. Kurzantseva L.I. About creation of the intelligent interface of a computer system with properties of adaptation. *Computer Means, Networks and Systems*, 2007, no. 6, pp. 104–110. (in Russian)
2. Zubkova T.M., Natochaya E.N. Software interface design using elements of artificial intelligence. *Software and Systems*, 2017, no. 1, pp. 5–11. (in Russian)
3. Verlan' A.F., Sopol' M.F., Furtat Yu.O. On adaptive user interface organization in automated systems. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 2014, no. 1, pp. 100–110. (in Russian)
4. Popov F.A., Anufriyeva N.Yu. The intellectualization of information systems user interfaces. *Tomsk State University Journal*, 2007, no. 300, pp. 130–133.
5. Dikovitsky V.V. Shishayev M.G. Technology of construction of adaptive user interface for multipurpose information systems at industrial plants. *Journal of Instrument Engineering*, 2014, vol. 57, no. 10, pp. 12–16. (in Russian)
6. Gumirov Sh.Sh. User-interface adaptation method based on hidden Markov models. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2010, vol. 8, no. 2, pp. 43–53. (in Russian)
7. Dong Y., Zhang H., Herrera-Viedma E. Integrating experts' weights generated dynamically into the consensus reaching process and its applications in managing non-cooperative behaviors. *Decision Support Systems*, 2016, vol. 84, pp. 1–15. doi: 10.1016/j.dss.2016.01.002
8. Lu J., Wu D., Mao M., Wang W., Zhang G. Recommender system application developments: a survey. *Decision Support Systems*, 2015, vol. 74, pp. 12–32. doi: 10.1016/j.dss.2015.03.008
9. Araz O.M., Lant T., Fowler J.W., Jehn M. Simulation modeling for pandemic decision making: a case study with bi-criteria analysis on school closures. *Decision Support Systems*, 2013, vol. 55, no. 2, pp. 564–575. doi: 10.1016/j.dss.2012.10.013
10. Guo Z. Optimal decision making for online referral marketing. *Decision Support Systems*, 2012, vol. 52, no. 2, pp. 373–383. doi: 10.1016/j.dss.2011.09.004
11. Toledo C.M., Chiotti O., Galli M.R. Process-aware approach for managing organisational knowledge. *Information Systems*, 2016, vol. 62, pp. 1–28. doi: 10.1016/j.is.2016.04.001
12. Sarker S., Ahuj M. Work-life conflict of globally distributed software development personnel: an empirical investigation using border theory. *Information Systems Research*, 2018, vol. 29, no. 1, pp. 103–126. doi: 10.1287/isre.2017.0734
13. Manfreda A., Kovacic A., Stemberger M.I., Trkman P. Absorptive capacity as a precondition for business process improvement. *Journal of Computer Information Systems*, 2014, vol. 54, no. 2, pp. 35–43. doi: 10.1080/08874417.2014.11645684
14. Huang T.C.-K., Chen Y.-L., Chang T.-H. A novel summarization technique for the support of resolving multi-criteria decision making problems. *Decision Support Systems*, 2015, vol. 79, pp. 109–124. doi: 10.1016/j.dss.2015.08.004
15. Maklakov A.G. *General Psychology*. St. Petersburg, Piter Publ., 2019, 583 p. (in Russian)
16. Sobchik L.N. *The Modified Eight-Color Luscher Test*. St. Petersburg, Speech, 2001, 112 p.
17. Giarrantano J.C., Riley G.D. *Expert Systems: Principles and Programming*. Thomson, 2005.
18. Habarov S.P. *Intelligent information systems*. Available at: http://www.habarov.spb.ru/new_es/index.htm (accessed: 29.04.2019)

Авторы

Зубкова Татьяна Михайловна — доктор технических наук, профессор, профессор, Оренбургский государственный университет, Оренбург, 460018, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0001-6831-1006, Bars87@mail.ru

Тагирова Лилия Фаритовна — кандидат педагогических наук, доцент, доцент, Оренбургский государственный университет, Оренбург, 460018, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-3388-9462, LG-77@mail.ru

Тагиров Владислав Камильевич — кандидат педагогических наук, доцент, Оренбургский филиал Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, Оренбург, 460050, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-9332-0390, VladTagir@mail.ru

Authors

Tatyana M. Zubkova — D.Sc., Full Professor, Orenburg State University, Orenburg, 460018, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-6831-1006, Bars87@mail.ru

Liliya F. Tagirova — PhD, Associate Professor, Associate Professor, Orenburg State University, Orenburg, 460018, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-3388-9462, LG-77@mail.ru

Vladislav K. Tagirov — PhD, Associate Professor, Orenburg Branch of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Orenburg, 460050, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-9332-0390, VladTagir@mail.ru