

Построение адаптивных интерфейсов в сложных распределенных технических системах с применением статистических методов

С.С. Валеев
vss2000@mail.ru

И.М. Исмагилова
im104@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет (Уфа)

Аннотация

Рассматривается задача обеспечения взаимодействия человека-оператора и информационной системы. Проводится анализ используемых методик построения адаптивного интерфейса. Предлагается агентная модель взаимодействия элементов системы с применением сценарного подхода. Применяются статистические критерии для оценки квалификации операторов при построении адаптивных интерфейсов.

Ключевые слова: адаптивный интерфейс; агентные технологии; сценарное планирование; статистические методы.

1 Введение

Задача обеспечения эффективного взаимодействия человека-оператора и информационной системы (ИС) является чрезвычайно актуальной в условиях массового внедрения информационных технологий в производственные процессы. Под влиянием различных внешних и внутренних факторов неопределенности возникает задача, связанная с необходимостью перестройки взаимодействия оператора и ИС. В рассматриваемом случае выделим три основных элемента: человек-оператор (ЧО), пользовательский интерфейс (ПИ) и ИС. ПИ рассматривается как посредническая информационная подсистема, обеспечивающая эффективное динамическое взаимодействие между оператором и ИС в реальном масштабе времени. При взаимодействии оператора с ИС его действия определяются целями и задачами, которые должна выполнять ИС. В зависимости от принадлежности оператора конкретному уровню управления в иерархической системе управления и его профессиональных качеств меняются алгоритмы взаимодействия с ИС. В стандартных программных комплексах, имеющих большой тираж, интерфейс, как правило, является стандартизованным и не учитывает характеристики ЧО. В данном случае специалисты вынуждены приспосабливаться к существующему интерфейсу. Безусловно, эффективность работы оператора в такой системе существенно снижается. Проблему эффективного взаимодействия пользователей с различным набором характеристик решает разработка адаптивного динамического интерфейса, при использовании которого происходит «подстройка» интерфейса ИС под цели и задачи оператора в режиме реального времени [1] [2].

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes.

In: G.A. Timofeeva, A.V. Martynenko (eds.): Proceedings of 3rd Russian Conference "Mathematical Modeling and Information Technologies" (MMIT 2016), Yekaterinburg, Russia, 16-Nov-2016, published at <http://ceur-ws.org>

2 Анализ состояния задачи

Известно, что адаптивный пользовательский интерфейс – это совокупность программных и технических средств, позволяющих оператору наиболее эффективно использовать все возможности системы путем автоматической подстройки интерфейса под конкретного пользователя. [3]. Настройка функциональных возможностей и параметров интерфейса может осуществляться либо вручную самим пользователем, либо автоматически системой на основании имеющейся информации о пользователе. Таким образом, следует различать адаптивные и адаптируемые системы, эти термины не являются синонимами, хотя в литературе довольно часто можно встретить подмену данных понятий. В адаптируемых системах любая адаптация является предопределенной и может изменяться пользователями перед запуском системы. В адаптивных же системах, напротив, любая адаптация является динамической, то есть происходит в то же время, когда пользователь взаимодействует с системой, и зависит от поведения пользователя. Но система также может быть адаптируемой и адаптивной одновременно [4]. Недостаток ручного редактирования интерфейса заключается в необходимости пользователя быть достаточно хорошо знакомым, как с самой системой, так и со средствами, позволяющими изменять ее интерфейс. Так, в [5] предлагается адаптивный интерфейс пользователя САПР с автоматической настройкой и оптимизацией формы меню под особенности и стиль индивидуального разработчика. В частности, предлагается исключить отображение неиспользуемых команд в меню, обеспечить взаимное расположение по соседству пунктов, между которыми наблюдаются наибольшее число переходов, подсвечивать команду, частота перехода к которой является максимальной. При автоматическом же подходе система может сама изменять интерфейс для пользователя, согласно его потребностям.

Одним из наиболее популярных методов проектирования адаптивного ПИ является построение так называемой модели пользователя, на основании которой и выстраивается процесс адаптации [6]. Под пользовательской моделью понимается совокупность сведений о пользователе, хранящихся в системе и используемых ею, которая генерируется либо на основании заранее определенной информации о пользователе или с помощью информации, полученной в процессе взаимодействия человека с компьютером. Однако, несмотря на тот факт, что построение ПИ на основе модели пользователя применяется уже в течение длительного времени, не существует каких-либо общих принципов генерации модели пользователя и его реализации в качестве комплексного критерия адаптации. Модель пользователя, как правило, разрабатывается на основе нескольких групп пользовательских характеристик: демографические, психологические, физиологические и профессиональные [7]. В [8] модель пользователя, которая лежит в основе систем автоматической адаптации, позволяет прогнозировать его цели, предпочтения, образцы поведения. Построение такой модели возможно в результате: явного (анкетирование, тесты) и неявного (результат наблюдения за действиями) сбора информации. Также рассматриваются два возможных подхода к определению количества классов в модели: стереотипный (определяет принадлежность пользователя ограниченному числу классов) и индивидуальный (каждому пользователю соответствует своя модель). Однако применение системы адаптации в данной статье производится только для ограниченной предметной области – в древовидных ПИ.

Существуют различные методы реализации адаптивного ПИ при проектировании ИС. В [9] рассматриваются различные современные подходы к реализации программного продукта (ПП), в каждом из которых происходит разделение функций разработчика непосредственно ядра ПП и проектировщика интерфейса, что позволяет говорить об интерфейсе как об отдельной функциональной единице – модуле, входящей в состав ПП. Также автором подчеркивается возможность внедрения в такую среду независимой системы адаптации интерфейса (САИ). Отличительной особенностью предложенного метода внедрения САИ в интерфейс является отделение реализации логики адаптации интерфейса от реализации модуля, выполняющего изменения интерфейса, что позволяет использовать единую САИ для адаптации интерфейса ПП, реализованных на различных платформах (для этого необходимо, что бы контроллер САИ был включен в ПП и соединялся с ядром по клиент-серверной технологии) [9].

Широкое применение при разработке и проектировании автоматизированных систем, использующих интеллектуальные компьютерные технологии, находят технологии агентного моделирования. В данной работе предлагается применение мультиагентных технологий при проектировании адаптивного ПИ. При этом выделяются три основных активных агента: человек, интерфейс, информационная система. В [10] автором разработан интерфейс, который имеет возможность осуществлять подстройку системы под индивидуальные особенности пользователя, а также подстройку уровня пользователя под возможности системы, т.е. описывается взаимная адаптация пользователя и системы. В основе подхода к построению такого интерфейса также используется многоагентная технология. Разработанный интерфейс может быть применен, по

утверждению автора, в любой предметной области, однако наиболее эффективно его использование в системах профессионального образования, управления, различного рода тренажеров, т.е. там, где необходима оценка профессиональных качеств пользователя. Кроме того, при возрастающей сложности компьютерной системы, разработанный интерфейс не допустит пользователя, не обладающего соответствующими знаниями и навыками, к работе с системой и поможет их обрести с целью эффективного использования этой системы. В основе работы системы лежит модель пользователя (учитываются личные особенности пользователя, уровень его работоспособности и уровень владения компьютером), которая создается при первом входе в систему и корректируется при последующих обращениях на основе анализа действий и тестировании физиологического состояния на данный момент. Адаптация системы к потребностям пользователя осуществляется путем настройки сервисов системы под индивидуальные особенности пользователя (установки подсистемы помощи и подсказки, связи с Internet, а также подключения баз данных, аппаратного обеспечения под решаемые им конкретные задачи). Адаптация пользователя к системе осуществляется путем обучения его работе с системой за счет различного рода тренингов, подсказок и объяснений.

В системах с агентной архитектурой задачи разбиваются на типовые подзадачи, выполняемые командой программных агентов. Каждая из них иницируется либо периодически, либо при возникновении определенных ситуаций. В системах с агентно-ориентированным программным обеспечением осуществляется гибкое распределение ролей в процессе управления между оператором и агентами [11].

На современном этапе развития механизации и автоматизации производственных процессов широкое применение получили сложные информационно-управляющие системы, которые основаны на совместной деятельности группы специалистов, образующих один коллектив, который работает над решением общей задачи, когда одному человеку-оператору такая работа не под силу. Таким образом, управление техническими комплексами осуществляется группой операторов совместно (диспетчеры железнодорожных и авиа вокзалов, сотрудники информационных служб, исследователи, занятые изучением одной научной проблемы, группы военных специалистов и др.). Такие системы, как правило, распределены на большом количестве рабочих станций, управляемых центральным блоком, то есть, по сути являются сложными распределенными техническими системами (СРТС).

Для адаптации ПИ в [11] используется принцип сценарного планирования (разработка альтернативных сценариев будущего и создании на их основе гибких долгосрочных планов действий). Сценарный подход придает гибкость стратегиям управления, помогает сократить время реагирования на изменение ситуаций. Использование данного метода весьма актуально также при возникновении критических ситуаций, в связи с чем его применение представляется целесообразным в текущем исследовании.

Таким образом, на основе произведенного анализа можно сделать вывод о том, что в настоящее время ведутся активные исследования касательно проблемы построения адаптивных интерфейсов. Выражена оправданная тенденция к применению агентных технологий. В связи с этим в данной работе предлагается использовать принцип многоагентного моделирования для реализации интерфейсов в распределенной системе.

3 Построение адаптивных интерфейсов с применением статистических методов

СРТС включает в себя агентов: ИС, ПИ, ЧО, каждый из которых содержит отдельные элементы, реализующие индивидуальные функции. Агент-интерфейс является посреднической структурой, взаимодействующей как с ИС, так и с ЧО. Модели информационной системы и пользователей, равно как и сценарии ПИ хранятся в базе данных, куда при необходимости могут получить доступ агенты ИС и ПИ.

Если рассматривать СРТС как сложную многосвязную систему, включающую агентов $\{IS_1, IS_2, \dots, IS_n\} \in IS$, $\{UI_1, UI_2, \dots, UI_m\} \in UI$, $\{HO_1, HO_2, \dots, HO_l\} \in HO$, где IS – множество агентов ИС, UI – множество агентов ПИ, HO – множество агентов ЧО, то существуют множество зависимостей между элементами: $D_s = \langle D_i, D_{ij} \rangle$ такие, что $D_i \in D$, $G_{ij} \in G$, $i = \overline{1, u}$, $j = \overline{1, v}$, где $D \in IS$, UI , HO . Кроме того, в силу ограничений взаимодействия $(D_i \in IS) \wedge (D_i \notin HO)$.

Тогда для каждого из множеств агентов существуют бинарные матрицы связей IS , UI и HO размерностями $n \times n$, $m \times m$ и $l \times l$ соответственно:

$$IS = \begin{bmatrix} is_{11} & is_{12} & \dots & is_{1n} \\ is_{21} & is_{22} & \dots & is_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ is_{n1} & is_{n2} & \dots & is_{nn} \end{bmatrix}, \quad UI = \begin{bmatrix} ui_{11} & ui_{12} & \dots & ui_{1m} \\ ui_{21} & ui_{22} & \dots & ui_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ ui_{m1} & ui_{m2} & \dots & ui_{mm} \end{bmatrix}, \quad HO = \begin{bmatrix} ho_{11} & ho_{12} & \dots & ho_{1l} \\ ho_{21} & ho_{22} & \dots & ho_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ ho_{l1} & ho_{l2} & \dots & ho_{ll} \end{bmatrix}.$$

Поскольку в распределенной системе предполагается интеракция элементов агентной системы и за пределами группы, тогда существует глобальная бинарная матрица взаимодействия агентов системы размером $(n + m + l) \times (n + m + l)$, имеющая вид:

$$M = \begin{bmatrix} IS & M(is, ui) & 0 \\ M(ui, is) & UI & M(ui, ho) \\ 0 & M(ho, ui) & HO \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $M(is, ui)$, $M(ui, is)$, $M(ui, ho)$, $M(ho, ui)$ – матрицы взаимодействия соответствующих агентов.

Эффективное распределение связей в матрице (1) обеспечивает достижение заданной цели:

$$J(IS, UI, HO) \rightarrow \max. \quad (2)$$

Матрица IS не может быть изменена. При построении интерфейсов могут меняться матрицы UI и HO , а также связи между ними. Влиять на это можно, расставляя приоритеты выполнения задач операторами. Рассмотрим задачу распределения подзадач СРТС операторам. Пусть задано h – количество операторов, g – количество подзадач к распределению, $\{C\}$ – множество характеристик отдельного сотрудника, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_h\}$, где c_i – вектор параметров i -го исполнителя, в который входят в том числе уровень квалификации (k), опыт работы (o), ранг (r), результаты анализа пройденных сотрудниками социально-психологических и личностных тестов (t), $c_i = (k_i, o_i, r_i, t_i)$, $i = 1, \dots, h$.

Надежность и эффективность СРТС существенно зависят от групповой деятельности операторов, при которой все члены группы связаны между собой одной целью, проблемной ситуацией или ситуацией задачи и определенными средствами деятельности. При этом множество подзадач отдельного оператора $\{z\}$ должно принадлежать общему множеству задач системы $\{Z\}$. Необходимо добиться такого распределения подзадач (матрица распределения подзадач X), чтобы множества задач i -го и j -го операторов не пересекались для достижения наиболее эффективного управления ИС ($\{z_i\} \cap \{z_j\} = \emptyset$), то есть каждой подзадаче

был назначен только один оператор: $\sum_{i=1}^h x_{ij} = 1$. Особенно актуально рассмотрение проблемы в условиях критических ситуаций, в которых необходимо быстрое и слаженное реагирование коллектива операторов, без противоречий, при этом должна учитываться информационная пропускная способность отдельного оператора, который может выполнять ограниченный набор функций за заданный промежуток времени.

В качестве критерия эффективности решения поставленной задачи примем:

$$F(x) = \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^g c_i x_{ij} \rightarrow \max. \quad (3)$$

Для назначения подзадач операторам, может быть использован генетический алгоритм назначения исполнителей [12]. Но предварительно необходимо произвести оценку операторов по их индивидуальным характеристикам. Для определения уровня квалификации сотрудников можно использовать различные методы, примером могут быть методы кластерного анализа [13]. Однако не всегда они могут быть применимы. В работе рассматривается задача использования результатов статистического анализа для проведения дифференциации работников по уровню квалификации при построении адаптивного интерфейса. Решение задачи также позволяет выполнить динамическую подстройку интерфейса не только по заранее заданной в системе модели пользователя, но и по его индивидуальным квалификационным данным. То есть, применяется более точная модификация данной модели, предоставляющая более полноценную и достоверную информацию о каждом пользователе.

Как правило, на крупном предприятии существует развитая система повышения квалификации и оценивания персонала. После прохождения обучения сотрудник оценивается с применением различных методик. Одним из самых легких в применении и эффективных, и соответственно, широко распространенных методов, является тестирование. Однако за долгие годы работы в организации сотрудник «накапливает» довольно большой набор результатов, соответствующих итогам каждого пройденного тестирования. И у аналитика могут возникнуть трудности при сравнении двух сотрудников по такому критерию. Если рассматривать результаты квалификационного тестирования будем рассматривать как случайную величину, все её теоретически возможные значения – как генеральную совокупность, а реально полученные данные –

как выборку, то при выполнении анализа результатов тестирования можно использовать различные статистические критерии для сравнения двух выборок, каждая из которых содержит результаты прохождений ряда тестирований одним сотрудником.

Наиболее эффективным критерием для такого рода сверки является t-критерий Стьюдента [14]. Однако если нет уверенности в том, что генеральная совокупность распределена нормально, то этот критерий использовать нельзя. Тогда придется использовать менее точные непараметрические критерии. Схема применения статистических методов для анализа результатов тестирования сотрудников приведена на рисунке (рис. 1).

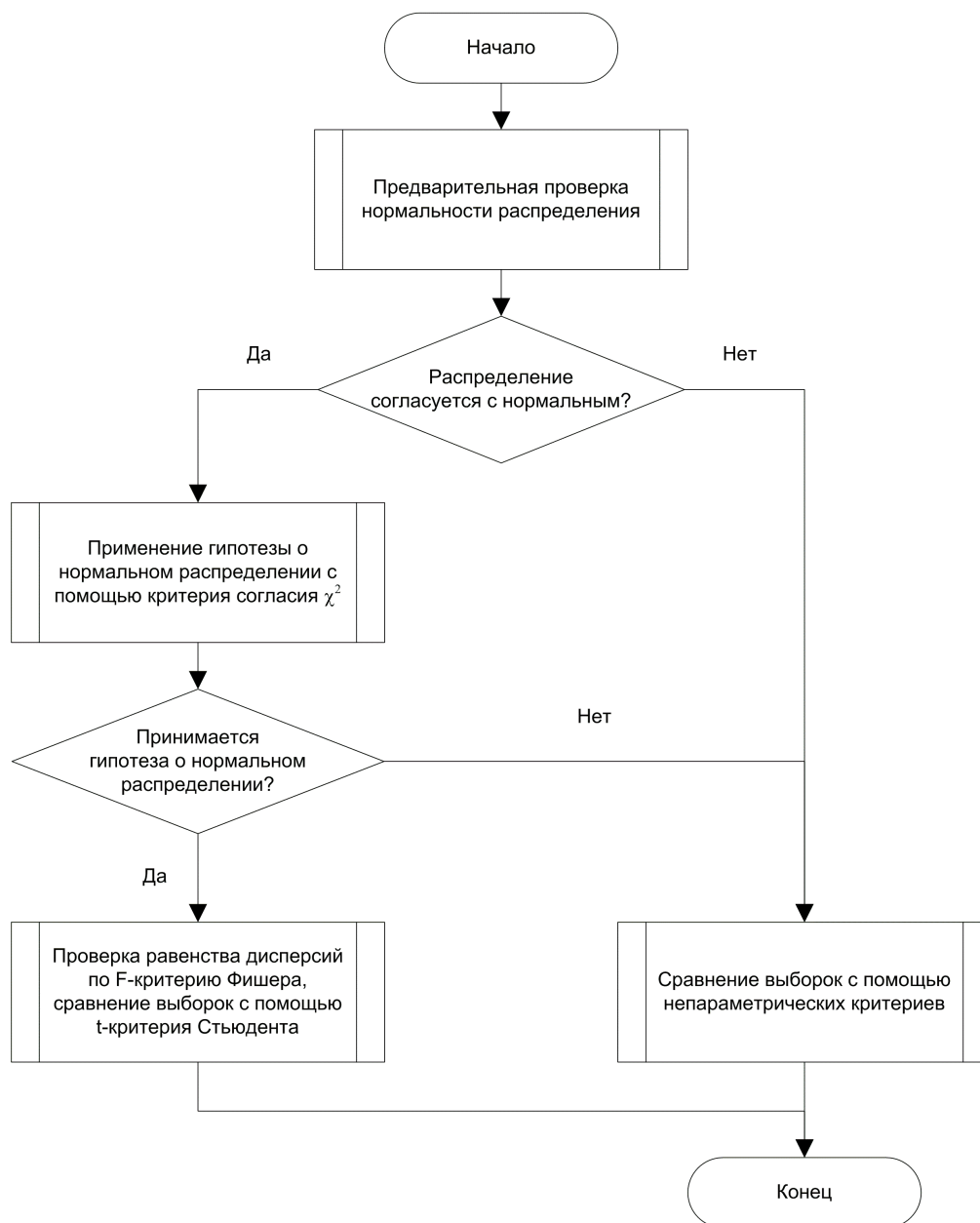


Рис. 1: Схема применения статистических методов для анализа результатов тестирования сотрудников

Рассмотрим задачу сравнения средних значений двух нормальных выборок. Пусть $x_1, \dots, x_n; y_1, \dots, y_m$ – нормальные независимые выборки из законов распределения с параметрами α_1, γ_1^2 и α_2, γ_2^2 соответственно.

Эмпирическое значение t-критерия вычисляется по формуле [15]:

$$t_e = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{S_{|\bar{x}-\bar{y}|}}, \quad (4)$$

где $S_{|\bar{x}-\bar{y}|}$ – стандартная ошибка разности.

Применение t-критерия Стьюдента зависит от того, равны ли дисперсии совокупностей и равны ли их объемы. В случае если гипотеза о равенстве дисперсий принимается:

1) если $n = m$, тогда:

$$S_{|\bar{x}-\bar{y}|} = \sqrt{\frac{S_x^2 + S_y^2}{n}}, v = 2n - 2, \quad (5)$$

2) если $n \neq m$, тогда:

$$S_{|\bar{x}-\bar{y}|} = \sqrt{\frac{n+m}{nm}} \sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2}}, v = 2n - 2. \quad (6)$$

Если гипотеза о равенстве дисперсий не принимается:

1) если $n = m$, тогда:

$$S_{|\bar{x}-\bar{y}|} = \sqrt{\frac{S_x^2 + S_y^2}{n}}, v = (n-1) \frac{S_x^2 + S_y^2}{S_x^4 + S_y^4}, \quad (7)$$

2) если $n \neq m$, тогда:

$$S_{|\bar{x}-\bar{y}|} = \sqrt{\left| \frac{S_x^2}{n} + \frac{S_y^2}{m} \right|}, v = \frac{\left(\frac{S_x^2}{n} + \frac{S_y^2}{m} \right)^2}{\frac{S_x^4}{n^2(n-1)} + \frac{S_y^4}{m^2(m-1)}}. \quad (8)$$

Если при расчете эмпирическое значение t-критерия превысило или совпало с критическим значением ($t_e \geq t_{cr}$), то делается вывод о значимости различий между двумя выборками.

Анализ результатов тестирования статистическими методами компенсирует влияние случайных факторов, а также способствует повышению объективности действий и решений, принимаемых на основе такого анализа [14].

С учетом вышесказанного, в структуру системы добавляется новый блок – система тестирования и анализа результатов (СТАР), в котором работают два агента – агент проведения тестирования (АТ) и агент анализа результатов (ААР). Схема общей системы приведена на рисунке (рис. 2).

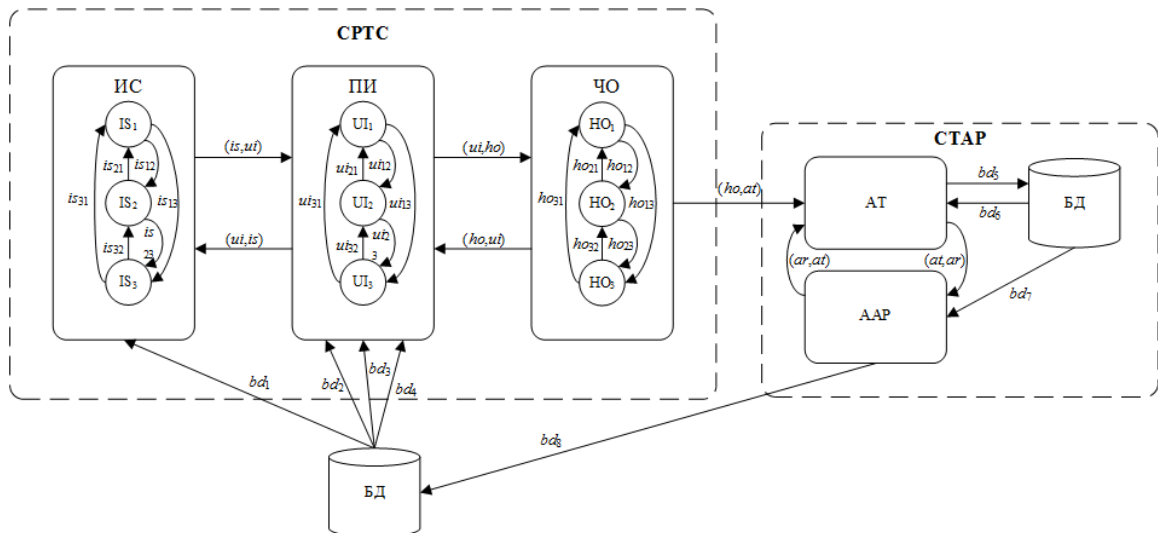


Рис. 2: Схема системы при добавлении блока СТАР

В соответствии с этим изменяется схема взаимодействия агентов. Так, в связи с добавлением агентов $\{TA_1, TA_2, \dots, TA_n\} \in TA$ и $\{RA_1, RA_2, \dots, RA_n\} \in RA$, где TA – множество агентов AT , RA – множество

агентов ААР, множество зависимостей $D_s = \langle D_i, D_{ij} \rangle$, $D_i \in D$, $G_{ij} \in G$, $i = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, k}$ приобретает новые элементы, $D \in IS, UI, HO, TA, RA$. Добавляются новые ограничения взаимодействия $(D_i \in IS) \wedge (D_i \notin TA)$, $(D_i \in IS) \wedge (D_i \notin RA)$, $(D_i \in UI) \wedge (D_i \notin TA)$, $(D_i \in UI) \wedge (D_i \notin RA)$, $(D_i \in HO) \wedge (D_i \notin RA)$. Тогда при добавлении матриц взаимодействия TA и RA размерностями $p \times p$ и $k \times k$:

$$TA = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1p} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{p1} & d_{p2} & \cdots & d_{pp} \end{bmatrix}, \quad RA = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1k} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{k1} & d_{k2} & \cdots & d_{kk} \end{bmatrix},$$

Результаты статистического анализа записываются в базу данных, в таблицу характеристик пользователя, доступ к которой имеет агент ПИ. В дальнейшем построение интерфейса может производиться с учетом индивидуальных квалификационных данных отдельного оператора. В зависимости от квалификационных различий операторов меняется матрица назначений подзадач так, что достигается максимум целевой функции (3) более точно, чем при отсутствии анализа результатов квалификационного тестирования статистическими методами. Тогда меняются и матрицы взаимодействия агентов НО и, как следствие, общая матрица взаимодействий многоагентной СРТС (1), на основе которой происходит построение сценариев распределения интерфейсов. Это приводит к новому глобальному максимуму системы (2).

4 Заключение

Итак, в ходе проведения анализа была выявлена актуальность разработки адаптивных пользовательских интерфейсов для обеспечения более эффективного взаимодействия оператора и ИС, что позволит использовать все возможности системы при решении поставленных задач. Предлагается применение технологий агентного моделирования при проектировании адаптивного ПИ, что позволит разбивать крупные задачи на подзадачи, выполняемых отдельным агентом или группой агентов. Одним из наиболее популярных методов, используемых при проектировании таких интерфейсов является метод построения модели пользователя. Важно для создания качественного интерфейса учитывать индивидуальные характеристики ЧО. Таким образом, использование статистических методов при оценке квалификационных характеристик операторов обеспечивает повышение качества и результативности взаимодействия пользователей различных уровней управления и ИС в рамках рассматриваемой концепции. Из этого следует, что эффективность адаптации пользовательского интерфейса и его дальнейшее использование оператором значительно повышаются благодаря учету в процессе адаптации к изменениям, которые могут возникнуть в процессе управления распределенной сложной технической системы, профессиональных характеристик отдельного сотрудника, на основании которых происходит разработка сценариев распределения интерфейсов СРТС.

Список литературы

- [1] R. Kouts, I. Vlejmink. *Interfejs «chelovek komp'yuter»*. Moscow, Mir, 1990. (in Russian) = Р. Коутс, И. Влейминк. *Интерфейс «человек компьютер»*. Москва, Мир, 1990.
- [2] J. Raskin. *Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems*. Addison-Wesley Publishing, 2000.
- [3] V. E. Hodakov, D. V. Hodakov. Adaptivnyj pol'zovatel'skij interfejs: problemy postroenija. *Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы*, 1(11):45–57, 2003. (in Russian) = В. Е. Ходаков, Д. В. Ходаков. Адаптивный пользовательский интерфейс: проблемы построения. *Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы*, 1(11):45–57, 2003.
- [4] E. Gaudioso, M. Montero. Adaptable and Adaptive Web-Based Educational Systems. *Encyclopedia of human computer interaction*. IGI Global, 2005.
- [5] A. V. Muhlaev, M. D. Sechenov. Adaptivnyj interfejs pol'zovatelja SAPR. *Izvestija Juzhnogo federal'nogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 3(6):194–195, 1997. (in Russian) = А. В. Мухлаев, М. Д. Сеченов. Адаптивный интерфейс пользователя САПР. *Известия Южного федерального университета. Технические науки*, 3(6):194–195, 1997.
- [6] A. Kobsa. Pseudonymous yet Personalized Interaction with Websites that Utilize Network-wide User Modeling Services. *2003 HCIC Winter Workshop, Winter Park, CO*, 2003. (<http://www.ics.uci.edu/~kobsa/papers/2003-HCIC-kobsa.pdf>).

- [7] T. Gavrilova, E. Vasilyeva. One Approach to Individualised Interface Design. *Proceedings of 10th Conference «Knowledge-Dialogue-Solution»*, Varna:221–226, 2003.
- [8] V. V. Shumkina. Algoritm avtomatičeskoj adaptacii drevovidnyh pol'zovatel'skih interfejsov. *Al'manah sovremennoj nauki i obrazovanija*, 6(73):194-198, 2013. (in Russian) = В. В. Шумкина Алгоритм автоматической адаптации древовидных пользовательских интерфейсов. *Альманах современной науки и образования*, 6(73):194-198, 2013.
- [9] Ju. I. Velichko. Metod vnedrenija modulja adaptacii v pol'zovatel'skij interfejs. *Problemi informacijnih tehnologij*, 2(14):15-19, 2014. (in Russian) = Ю. И. Величко. Метод внедрения модуля адаптации в пользовательский интерфейс. *Проблемы информационных технологий*, 2(14):15-19, 2014.
- [10] L. I. Kurzanceva. O postroenii intellektual'nogo adaptivnogo interfejsa na baze agentnoj tehnologii dlja komp'juternyh sistem širokogo naznachenija. *Informacijni tehnologii ta komp'juterna inženerija*, 1(17):16-20, 2010. (in Russian) = Л. И. Курзанцева. О построении интеллектуального адаптивного интерфейса на базе агентной технологии для компьютерных систем широкого назначения. *Информационные технологии та комп'ютерна інженерія*, 1(17):16-20, 2010.
- [11] K. V. Petrin, E. D. Terjaev, A. B. Filimonov, N. V. Filimonov. Mul'tiagentnye tehnologii v jergatičeskih sistemah upravlenija. *Izvestija JuFU. Tehničeskie nauki*, 3(104):7-13, 2010. (in Russian) = К. В. Петрин, Е. Д. Теряев, А. Б. Филимонов, Н. В. Филимонов. Мультиагентные технологии в эргатических системах управления. *Известия ЮФУ. Технические науки*, 3(104):7-13, 2010.
- [12] S. S. Valeev, L. I. Shekhtman, E. A. Kuzmina, T. R. Sadykov, I. M. Ismagilova. Reshenie zadachi naznachenija ispolnitelej na osnove genetičeskogo algoritma. *Estestvennye i tehničeskie nauki*, 11-12(78):316-319, 2014. (in Russian) = С. С. Валеев, Л. И. Шехтман, Е. А. Кузьмина, Т. Р. Садыков, И. М. Исмагилова. Решение задачи назначения исполнителей на основе генетического алгоритма. *Естественные и технические науки*, 11-12(78):316-319, 2014.
- [13] S. S. Valeev, E. A. Kuzmina, L. I. Shekhtman. Zadacha ocenivanija kachestva raboty sotrudnikov organizacii. *Estestvennye i tehničeskie nauki*, 3(59):280-282, 2012. (in Russian) = С. С. Валеев, Е. А. Кузьмина, Л. И. Шехтман. Задача оценивания качества работы сотрудников организации. *Естественные и технические науки*, 3(59):280-282, 2012.
- [14] I. M. Ismagilova. Informacionnaja podderzhka upravlenija personalom OTS na osnove statističeskogo analiza rezul'tatov kvalifikacionnogo testirovanija. *Materialy VII Vserossijskoj molodjozhnoj nauchnoj konferencii «Mavljutovskie čtenija»*. Ufa, UGATU, 3:295-297, 2013. (in Russian) = И. М. Исмагилова. Информационная поддержка управления персоналом ОТС на основе статистического анализа результатов квалификационного тестирования. *Материалы VII Всероссийской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения»*. Уфа, УГАТУ, 3:295-297, 2013.
- [15] N. Sh. Kremer *Teorija verojatnostej i matematičeskaja statistika*. M.: JuNITI-DANA, 2004. (in Russian) = Н. Ш. Кремер *Теория вероятностей и математическая статистика*. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.

Statistical methods in the construction of adaptive interfaces in complex distributed technical systems

Sagit S. Valeev

Ufa State Aviation Technical University (Ufa, Russia)

Irina M. Ismagilova

Ufa State Aviation Technical University (Ufa, Russia)

Abstract. The problem of providing interaction of the human-operator and the information system is considered. The analysis of current techniques in the construction of an adaptive interface is held. Agent-based model of the interaction of the system components using the scenario approach is proposed. It is offered to apply statistical criteria to assess the qualifications of operators for the construction of adaptive interfaces.

Keywords: adaptive interface; agent technologies; scenario planning; statistical methods.