

УДК 004.55

Д. С. НЕГУРИЦА¹, Е. В. СОКОЛОВА²¹ *Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина*² *Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

МОДЕЛЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В АДАПТИВНЫХ ИНТЕРФЕЙСАХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ

В статье определены составляющие жизнеспособности WEB-ориентированных систем, проанализированы известные методы построения и обеспечения качества интерфейсов пользователя, рассмотрены особенности адаптивных интерфейсов. Определено понятие модели пользователя как обязательной составной компоненты адаптивных интерфейсов программного обеспечения WEB-ориентированных систем. Выполнен анализ известных методов динамической классификации пользователей в адаптивных интерфейсах программного обеспечения, сформулированы требования к модели пользователя. Разработана модель процессов взаимодействия пользователя и WEB-ориентированной системы с адаптивным интерфейсом.

Ключевые слова: *адаптивность, адаптируемость, интерфейс пользователя, модель пользователя, нечеткое множество, Web-ориентированная система.*

Введение

WEB-ориентированные системы в настоящее время стали столь большими и сложными, что для их производства требуется участие слаженных команд разработчиков различных специальностей и квалификаций. Вложенные в их производство и освоение средства должны окупаться, поэтому такие системы должны существовать и применяться долгие годы, развиваясь от версии к версии, претерпевая на своем жизненном пути множество изменений, улучшая существующие и добавляя новые функции, корректируя и устраняя дефекты и ошибки. Длительный жизненный цикл предполагает способность WEB-ориентированных систем адаптироваться не только к изменению условий работы в новой среде, но и к изменяющимся требованиям пользователя.

В настоящее время применяется ряд преимущественно эвристических методов построения интерфейсов пользователя (ИП) WEB-ориентированных систем, в создании, развитии и популяризации которых принимали участие: Benyon D. R., Brusilovsky P., Card S. K., Chin D. N., Cooper A., de Bra P., Denning V., Garrett J. J., Jameson A., Mandel T., Moran T. P., Murray D. M., Newell A., Oppermann R., Rauterberg, M., Totterdell P. A., Агафонова В. В., Васильева Е. И., Гаврилова Т. А., Елисеева О. Е., Ходаков В. Е. и др. Заметно меньше работ посвящено вопросам разработки адаптивных, приспособляющихся к пользователю интерфейсов WEB-ориентированных систем, значительную часть из которых составляют публикации, посвященные

проблемам адаптации к обучаемому в системах электронного обучения (Brusilovsky P., Eklund J., Schwarz Weibelzahl, Курмангалеева Г. Ф. и др.). Практически отсутствуют публикации, посвященные методам динамической идентификации моделей (классификации) пользователей, без которых применение адаптивных механизмов в интерфейсах пользователя невозможно.

Целью работы является повышение качества интерфейса пользователя WEB-ориентированных систем на основе динамической классификации пользователей.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать известные методы построения и обеспечения качества интерфейсов пользователя, рассмотреть особенности адаптивных интерфейсов WEB-ориентированных систем;
- выполнить анализ требований к модели пользователя в адаптивных интерфейсах программного обеспечения;
- разработать модель пользователя WEB-ориентированной системы.

1. Адаптивность и адаптируемость как составляющие жизнеспособности WEB-ориентированных систем

Центральным понятием теории жизнеспособности систем является «жизнеспособность», к которому примыкают понятия «жизнестойкость», «жизнеобеспечение», «жизненность» и др. [1]. В кибер-

нетической модели С. Бира [2] жизнеспособность определяется возможностью системы самоорганизовываться, т.е. изменяться в нужном темпе. Иногда под жизнеспособностью понимают надежность и устойчивость [3] или робастность программного обеспечения, как устойчивость системы к некоторым изменениям окружающей среды [4].

Жизнеспособной называют такую систему, которая обладает чертами и адаптируемости и адаптивности [5]. Адаптируемой системой называется система, которая меняется человеком в процессе жизненного цикла в соответствии с требованиями внешней среды [6]. Адаптивные системы – это такие системы, которые выполняют изменения сами. Построение жизнеспособных систем позволяет решать проблемы сложности программного обеспечения.

Согласно Ч. Херрину [7] жизнеспособная система, чтоб справиться со сложностью внешнего окружения, должна быть адаптивной, пройдя стадию адаптируемости. Система по R. Орреманн [8] является адаптивной, «если она способна автоматически изменить свои особенности в соответствии с потребностями пользователя». Адаптивные системы контролируют взаимодействие с пользователем и изменяют представление интерфейса или поведение. А. Jameson [9] уточняет: «адаптивная к пользователю система – это интерактивная система, которая адаптирует свое поведение к каждому пользователю на основе нетривиальных выводов из информации об этом пользователе». Понятие «нетривиальные выводы» исключает прямые приспособления (например, изменения цвета шрифта по команде пользователя). Ключевым для настоящей работы положением является следствие из вывода А. Jameson – адаптивная программная система должна изменять свое поведение на основе информации, полученной в процессе наблюдения за пользователем [10].

Международные и отечественные стандарты, регламентирующие требования к качеству ПО (ISO/IEC 9126, серии ECSS-Q, COU-N НК АУ 0012:2006 Вимоги до якості програмного забезпечення програмно-технічних комплексів критичного призначення) определяют адаптируемость, как приспособленность программ и информации баз данных к модификации для эксплуатации в различных аппаратных и операционных средах без применения других действий или средств, чем те, что предназначены для этой цели при первичной разработке в исходной версии ПС.

Адаптируемость является одной из субхарактеристик для двух показателей внешнего качества ПО.

1. Сопровождаемость (Maintainability) – способность ПО к модификации, которая включает исправление, улучшение или адаптацию ПО к изменению окружающей среды, требований или функцио-

нальных спецификаций;

2. Мобильность (переносимость), под которой понимаются:

– процессы переноса программ и данных из одной аппаратной, операционной и пользовательской среды в иную по архитектуре и характеристикам среду с сохранением их целостности или небольшими изменениями функций системы;

– процессы повторного использования готовых программных компонентов и средств, а также информации баз данных возможно в пределах одной архитектуры аппаратной и операционной среды для расширения и изменения функций системы и программного продукта.

Существует большое количество классификаций адаптивных систем управления [11]. По критерию адаптации можно различать системы с эталонной моделью и системы с экстремальной самонастройкой. В первых из них регулятор адаптируется таким образом, чтобы замкнутая система управления имела свойства, как можно более близкие к заданным свойствам эталонной модели. Во вторых – регулятор адаптируется с целью получить наилучшие в том или ином смысле показатели качества управления.

Классифицировать механизмы адаптивности ПО следует по нескольким критериям.

1. Внутренняя или внешняя по отношению к системе адаптивность [12]. Внутренняя – это возможность программной системы использовать типовые механизмы, например обработку исключений, для запуска определенного приложения, корректирующее поведение системы. Внешняя адаптивность достигается путем мониторинга различных атрибутов системы, таких как использование ресурсов, надежности и/или качества обслуживания, при этом внешний по отношению к системе механизм принимает решение о вносимых изменениях.

2. Объект изменений в процессе адаптации:

– адаптивность поведения, когда элементы системы могут быть изменены или заменены, а структура системы при этом сохраняется [13];

– адаптивность структуры, когда структура системы меняется, а поведение ее элементов остается тем же [14];

– ресурсная адаптация, когда поведение системы изменяется за счет управления ресурсами с учетом потребностей пользователей и неисправностей [15].

3. Степень самоуправления характеризует возможности программной системы сохранять эффективность без вмешательства пользователя [16]:

– самоадаптация – возможность изменять собственное поведение в ответ на изменения в своей операционной среде в целях обеспечения и повыше-

ния функциональных возможностей [17];

– самоорганизация – способность компонентов автономно взаимодействовать с другими компонентами, чтобы соответствовать системным ограничениям [18];

– самоконфигурирование – автоматическая адаптация к динамическим изменениям путем вставки, замены и удаления своих компонентов [19];

– самозащита – способность путем наблюдения за внешним миром замечать и реагировать на возможные атаки на систему;

– самовосстановления – автоматическое реагирование и корректировка в ответ на программные и аппаратные сбои [20];

– самооптимизация – возможность автономно оптимизировать системные ресурсы в процессе мониторинга [21].

2. Требования к модели пользователя в адаптивных интерфейсах программного обеспечения WEB-ориентированных систем

Модель пользователя (МП) – обязательная составная компонента адаптивных интерфейсов программного обеспечения WEB-ориентированных систем, ориентированного на пользователей с разными уровнями подготовки для работы с компьютером, с различными умственными, психологическими и физиологическими возможностями [22].

В настоящее время различают адаптацию к [23]:

- данным пользователя (user data);
- рабочим характеристикам (usage data);
- данным окружения (environment data).

Адаптация к данным пользователя основана на моделях, учитывающей такие характеристики пользователя, как [24]:

1. **Знание** пользователем темы, которое в общем случае непостоянно и изменчиво для отдельного пользователя, поэтому адаптивная система должна распознавать изменения в состоянии знания пользователя и соответственно обновлять модель. Знание пользователем темы наиболее часто представляется оверлейной моделью (overlay model), основанной на структурной модели (structural model) предметной области [25, 26]. Структурная модель представляется как множество связанных между собой понятий, формирующих своего рода семантическую сеть, представляющую структуру предметной области. Иногда для представления знаний пользователя используется более простая стереотипная модель (stereotype model).

2. **Цель пользователя** или задача пользователя

– характеристика, связанная с контекстом работы пользователя в гипермедиа, скорее, чем с пользователем как индивидуумом. В зависимости от вида системы, это может быть цель работы (в прикладных системах), цель поиска (в информационно-поисковых системах), решение задач или цель обучения (в гипермедиа системах обучения). Это наиболее изменчивая характеристика пользователя: почти всегда она изменяется от сеанса к сеансу и часто может изменяться несколько раз в пределах одного сеанса работы.

3. **Подготовка и опыт** – две особенности пользователя, которые сходны со знанием пользователем темы, но функционально отличаются от него. Это подготовка и опыт пользователя в данном гиперпространстве. Иногда пользователь, который хорошо знаком непосредственно с темой, вообще не знаком со структурой гиперпространства. Наоборот, пользователь может быть хорошо знаком со структурой гиперпространства без глубокого знания темы. Еще одна причина отличать опыт в гиперпространстве от уровня знаний – существование технологии адаптивной навигации, которая полагается на эту особенность пользователя.

4. **Предпочтения**. По различным причинам пользователь может предпочитать некоторые узлы, ссылки и части страницы другим. Эти предпочтения могут быть абсолютными или относительными, т. е. зависящими от текущего узла, цели и текущего контекста вообще. В отличие от других компонентов, предпочтения не могут быть выведены системой. Пользователь должен сообщить системе непосредственно или косвенно (простой обратной связью) о своих предпочтениях. Это скорее адаптируемость, чем адаптивность. Отличие в том, что адаптивные WEB-системы могут выводить предпочтения пользователя и применять их для адаптации в новых контекстах.

5. **Интересы** пользователя пытаются смоделировать его долгосрочные интересы и использовать их параллельно с краткосрочной целью поиска для улучшения фильтрации информации и рекомендаций.

6. **Индивидуальные особенности** пользователя – характеристики, которые определяют его как индивидуума. Например: индивидуальные показатели (интроверт – экстраверт), познавательные факторы и стиль обучения. Подобно подготовке пользователя, индивидуальные особенности – стабильная характеристика, не изменяющаяся вообще или изменяющаяся в течение длительного периода времени.

Адаптация к окружению пользователя – это адаптация как к местонахождению, так и к платформе пользователя. Простая адаптация к платфор-

ме (аппаратные средства, программное обеспечение, пропускная способность сети) включает выбор типа данных и средств (т. е. графика против видео) для представления содержания. Более прогрессивные технологии могут обеспечивать различный интерфейс пользователям с разнообразными платформами.

3. Модель процессов взаимодействия пользователя и WEB-ориентированной системы с адаптивным интерфейсом

В самом общем виде взаимодействие пользователя и WEB-ориентированной системы можно описать всего двумя основными действиями: поиском с последующим просмотром документа.

Реализация собственно адаптивности достигается во взаимодействии [27, 28] моделей предметной области и пользователя.

3.1. Модель предметной области

Существует множество моделей представления документа при информационном поиске, которые нужны для понимания процессов взаимодействия пользователя и WEB-ориентированной системы:

- множества слов (bag of words) является исторически первой и самой простой [29];
- множества весов терминов;
- множества фрагментов [30];
- узел гипертекстового графа [31].

Эти модели и их комбинации находят применение в коммерческих и исследовательских системах.

Модель предметной области состоит из множеств рубрик – S , документов – D , понятий – T и отношений между ними (1). Основное назначение модели – хранить информацию об общем информационном поле предметной области:

$$DM = \langle S, D, T, V, W \rangle, \quad (1)$$

где $W = D \times T = \{w_{i,j}\} / 0 < i \leq \|D\|, 0 < j \leq \|T\|$ – множество весов, характеризующих частоту использования понятий в документе;

$V = D \times S = \{v_{k,1}\} / 0 < k \leq \|D\|, 0 < l \leq \|S\|$ – множество уверенностей, характеризующих субъективную оценку принадлежности документа d_k рубрике S_l .

Каждый документ принадлежит одному из элементов множества рубрик S , то есть:

$$\forall k \cup \forall l, 0 < k \leq \|D\|, 0 < l \leq \|S\|: d_k \in s_l, \quad (2)$$

с определенной степенью уверенности, поскольку в общем случае нет однозначного ответа относительно

но свойства документа.

Функция принадлежности указывает степень (или уровень) принадлежности документа определенной рубрике. То есть в рассмотрение вводится нечеткое множество $D \subset S: DS = \{\mu_{DS}(u)/u\}$, где $\mu_D(u)$ – функция принадлежности, принимающая значение в интервале $M = [0, 1]$.

Помимо нечеткой принадлежности к рубрикам для любого документа характерна возможность четкого определения множества атрибутов A , таких как формат файла, язык, страна происхождения, используемых в модели пользователя. В целом документ – это его информационное содержание (контент) – C и атрибуты:

$$D = \langle C, A \rangle. \quad (3)$$

Будем полагать, что множество рубрик S представляет собой направленный ациклический нечеткий граф $\tilde{G} = (S, \tilde{F})$, в котором определены множество вершин графа – S и нечеткое множество направленных ребер графа:

$$F = \{ \mu_F \langle s_i, s_j \rangle / \langle s_i, s_j \rangle \}, \langle s_i, s_j \rangle \in S^2, \quad (4)$$

где $\mu_F \langle s_i, s_j \rangle$ – значение функции принадлежности для ребра $\langle s_i, s_j \rangle$ [32], при этом вершины являются инцидентными в том и только в том случае, если $\mu_F \langle s_i, s_j \rangle > 0$.

Ребро направленного нечеткого графа в рассматриваемом контексте описывает принадлежность одной рубрики (темы) рубрике (теме) более высокого уровня.

Для построения нормирующего критерия функций принадлежности отдельных вершин графа (рубрик) примем модель «информационного процесса производства» (Information Production Process, IPP) Л. Эгге [33, 34].

В качестве информационного процесса производства могут быть рассмотрены ссылки, размещенные в различных статьях (статьи «производят» ссылки), авторы, публикующиеся в разных дисциплинах (дисциплины в данном случае «производят» авторов) и др. Ключевой момент в информационном процессе производства – наличие этой пары «источники – продукты», когда «источники» производят «продукты». Например, в случае классической библиографии источником является журнал, продуктом – статья; в процессе цитирования продуктом будет цитирование, а источником – цитировавший или цитируемый автор, статья или журнал и т. д.

IPP-модель Эгге (рис. 1 а), дающая некоторые возможности оценки размерности множеств S из (2), основана на Законе концентрации и рассеяния ин-

формации Брэдфорда (Bradford's law of scattering) [35], который формулируется так. Если множество журналов, в которых появляются статьи, посвященные некоторой выбранной тематике, упорядочить в порядке убывания количества этих статей, а затем это упорядоченное множество журналов разбить на n зон так, чтобы в каждой было одинаковое количество статей по заданной теме, то количество журналов в соответствующих зонах будет равно:

$$\|S_1\|, q \cdot \|S_1\|, \dots, q^{n-1} \cdot \|S_1\|,$$

где q – некоторое число, большее единицы;

$\|S_1\|$ мощность множества S_1 , которое представляет собой информационное ядро.

Поскольку $q \gg 1$, можно получить приближительную оценку для мощности информационного ядра [36]:

$$\begin{aligned} \frac{\|S\|}{\|S_1\|} &= 1 + q + \dots + q^{n-1} = \frac{q^n - 1}{q - 1} \Rightarrow \\ \Rightarrow \|S_1\| &\approx \frac{\|S\|}{q^{n-1}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для построения нормирующего критерия множества весов, характеризующих частоту использования понятий в документе W , предлагается использовать Закон Ципфа.

Закон Ципфа [37] – эмпирическая закономерность распределения частоты слов естественного языка: если все слова языка (или просто достаточно длинного текста) упорядочить по убыванию частоты их использования, то частота n -го слова в таком списке окажется приблизительно обратно пропорциональной его порядковому номеру n , то есть рангу этого слова (рис. 1 б).

3.2. Модель пользователя

Для адаптации интерфейса необходима модель пользователя, с помощью которой система может определить что, когда и как должно быть адаптировано. Модель пользователя (МП) предполагает явное представление знаний, предпочтений, целей, интересов, истории навигации и других характеристик пользователя и служит для адаптации к пользователю различных аспектов адаптивных гипермедиа систем.

В качестве допущения будем полагать, что МП должна обладать следующими классификационными признаками:

– информация для модели собирается неявно, то есть без дополнительных запросов система незаметно для пользователя конструирует МП, отслеживая и анализируя взаимодействия с ним (например,

историю навигации), с последующим выведением различных предположений о нем;

– индивидуальная, поддерживаемая для каждого пользователя;

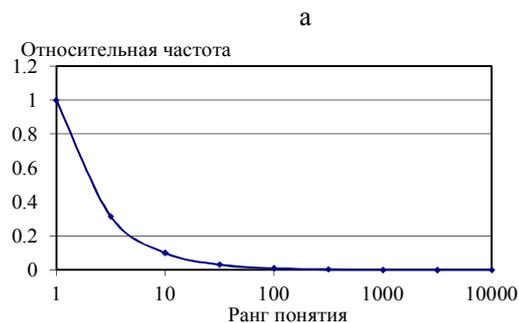
– динамическая, постоянно обновляемая по мере получения новой информации в течение сеанса взаимодействия;

– долгосрочная по временной протяженности, которая сохраняется от одного сеанса взаимодействия до другого;

– дескриптивная, в том смысле, что может быть представлена базой данных, содержащей информацию о пользователе. Эта информация обрабатывается модулем адаптации;

– модель представляет собой расширение стереотипной классификации. Стереотип – это набор некоторых взаимосвязанных характеристик, присущих всем членам определенной подгруппы пользователей.

В МП помимо текущих интересов учитываются интересы, которые были у пользователя в прошлом. Текущие интересы определяются по соответствию запроса ключевым фразам документа. Прошлые интересы – в соответствии с историей поисковых запросов или посещенных сайтов.



б

Рис. 1. Примеры реализации эмпирических зависимостей: а – закон Эгге, б – закон Ципфа

МП – по сути отображение модели предметной области в пространство интересов пользователя. Она представлена поисковым профилем пользовате-

ля, содержащим последовательность последних k поисковых запросов:

$$SP = \langle sp_1, sp_2, \dots, sp_k \rangle.$$

Множество поисковых профилей всех пользователей SP_j образует общее пространство запросов S , состоящее из объединения непересекающихся множеств – кластеров UM_j :

$$S = \bigcup_{n=1}^N SP_n = \bigcup_{j=1}^J UM_j, \text{ при условии:}$$

$$\forall i, j \in 1 \dots J / UM_i \cap UM_j = \emptyset.$$

Каждый кластер UM_j описывается характеристиками:

$$UM_j = \left\langle \bigcup_{n=1}^N SP_{nj}, US_j \times UA_j \right\rangle, \quad (6)$$

где USP_{nj} – объединение поисковых профилей пользователей, отнесенных к j -тому кластеру;

US_j – нечеткие предпочтения пользователей, относящиеся к j -тому кластеру, к определенным рубрикам документов;

UA_j – нечеткие предпочтения пользователей, относящиеся к j -тому кластеру в пространстве атрибутов документов.

Нечеткое множество, определенное на носителе $UM_k \times US_j \times UA_j$, характеризует распределение интересов k -того пользователя по отдельным кластерам:

$$FUM = \left\{ x, \mu_{UM_{kj}}(UM_{k,j}) \mid x \in UM_k \times US_j \times UA_j \right\},$$

где функция принадлежности $\mu_{UM_{kj}}(UM_{k,j})$ указывает насколько j -тый кластер соответствует истории просмотров документов k -того пользователя. При этом значение функции принадлежности $\mu_{UM_{kj}}(UM_{k,j})$, близкое к 0, свидетельствует об отсутствии интереса, а, близкое к 1, – об актуальности для k -того пользователя j -того кластера запросов.

Выводы

В связи с требованиями постоянных изменений и с учетом сложности WEB-ориентированной системы возникает задача построения системы, позволяющей вносить изменения в сроки, ограниченные требованием эксплуатации. Такая система должна быть одновременно и адаптируемой, то есть при-

способленной к изменениям человеком в процессе жизненного цикла в соответствии с требованиями внешней среды, и адаптивной, то есть приспособляющей свое поведение к каждому пользователю на основе нетривиальных выводов из информации об этом пользователе. Вопросы построения адаптивных систем, оценки их качества в существующих стандартах инженерии ПО изложены весьма в узкой постановке. Адаптивность в стандартах рассматривается в контексте приспособленности к изменению аппаратно-программного окружения, но не пользователя, что в очередной раз подчеркивает актуальность данного исследования.

Анализ существующих классификаций адаптивных WEB-ориентированных систем, методов, моделей и технологий их построения дал основание утверждать, что МП остается недостаточно исследованной проблемой. Объяснение данного факта состоит в том, что МП должна, с одной стороны, отражать субъективные особенности поведения пользователя, с другой – специфику предметной области. В качестве предметной области, в дальнейшем понимаются информационно-поисковые системы, адаптивность поведения которых предполагает навигационный выбор, поиск и предложение наиболее релевантных ссылок.

Взаимодействие пользователя и WEB-ориентированной системы с адаптивным интерфейсом реализуется в системе, включающей модели предметной области и пользователя, а также модуль адаптации. Теоретико-множественное представление модели предметной области включает множества рубрик, документов, понятий и отношений между ними. В качестве нормирующих критериев функций принадлежности документов вершинам графа (рубрик) предлагается использовать модель «информационного процесса производства» Л. Эгге и законы Брэдфорда и Ципфа.

При разработке модели пользователя в качестве исходных допущений принято, что информация для модели собирается неявно, модель – индивидуальная, динамическая, долгосрочная, дескриптивная и представляет собой расширение стереотипной классификации. МП представлена поисковым профилем пользователя, который образует общее пространство запросов S , разбитых на объединение непересекающихся множеств – кластеров.

Перспективными направлениями развития данной работы являются:

– выбор и обоснование метрик качества поиска, основанных на понятии пертинентность результатов поиска;

– разработка методов динамической классификации интересов пользователя в текущем сеансе.

Литература

1. Разумовский, О. С. Проблемы жизнеспособности систем [Электронный ресурс] / О. С. Разумовский, М. Ю. Хазов. – Режим доступа: http://www.philosophy.nsc.ru/journals/humscience/I1_98/01_RAZUM.htm. – 27.01.2014.
2. Beer, S. *Brain of the Firm* [Text] / S. Beer. – Wiley, Chichester. – 1981. – 432 с.
3. Лачинов, В. М. Информодинамика [Электронный ресурс] / В.М. Лачинов, А.О. Поляков. – Режим доступа: <http://www.inftech.webservis.ru/it/information/informodynamics>. – 27.01.2014.
4. Izurieta, C. A multiple case study of design pattern decay, grime, and rot in evolving software systems [Text] / C. Izurieta, J. M. Bieman // *Software Quality*. – 2013. – Vol. 21, Issue 2. – P. 289-323.
5. Черняк, Л. Адаптируемость и адаптивность [Текст] / Л. Черняк // *Открытые системы*. – 2004. – № 9. – С. 30-35.
6. De Bra, P. *Adaptive Hypermedia: From Systems to Framework* [Text] / P. De Bra, P. Brusilovsky, G.-J. Houben // *ACM Computing Surveys*. – 1999. – Vol. 31, № 4. – P. 12.
7. Херринг, Ч. Жизнеспособные программы [Текст] / Ч. Херринг, Л. Черняк // *Открытые системы*. – 2004. – № 9. – С. 77-80.
8. Oppermann, R. *Adaptively supported adaptability* [Text] / R. Oppermann // *International Journal of Human Computer Studies*. – 1994. – № 40(3). – P. 455-472.
9. Jameson, A. *Systems That Adapt to Their Users: An Integrative Overview* [Text] / A. Jameson // *International Conference on User Modeling, Johnstown, USA, 22-26 June, 2003*. – Saarland University, 2003. – P. 253.
10. *Flexible Content Adaptation System Using a Rule-Based Approach* [Text] / J. He [et al] // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. – 2007. – Vol. 19, № 1. – P. 127-140.
11. Усков, А. А. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. [Текст] / А. А. Усков, В. В. Круглов. – Смоленская городская типография, 2003. – 177 с.
12. Tarvainen, P. *Open Access Adaptability Evaluation at Software Architecture Level* [Text] / P. Tarvainen // *The Open Software Engineering Journal*. – 2008. – № 2. – P. 1-30.
13. Masciadri, L. *Frameworks for the Development of Adaptive Systems: Evaluation of Their Adaptability Feature Software Metrics* [Text] / L. Masciadri, C. Raibulet // *Proceedings of the 4th International Conference on Software Engineering Advances, Porto, Portugal, 20-25 Sept., 2009*. – P. 41-50.
14. Roman, M. *Reflective Middleware: From Your Desk to Your Hand* [Text] / M. Román, F. Kon, R. H. Campbell // *IEEE Distributed Systems Online (Special Issue on Reflective Middleware)*. – 2001. – Vol. 2, № 5. – P. 1-13.
15. Aksit, M. *Dynamic, adaptive and reconfigurable systems overview and prospective vision* [Text] / M. Aksit, Z. Choukair // *Proceedings of the 23rd International Conf. on Distributed Computing Systems Workshops, Providence, RI, USA, 19-22 May 2003*. – P. 84-89.
16. Zhang, Y. *Software architecture design of an autonomic system* [Text] / Y. Zhang, A. Liu, W. Qu // *Proceedings of the 5th Australasian Workshop on Software and System Architectures, Melbourne, Australia, 13-14 April 2004*. – P. 5-11.
17. Andrade, L. *An architectural approach to autotadaptive systems* [Text] / L. Andrade, J. L. Fiadeiro // *Proceedings of the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems, Vienna, Austria, 2-5 July 2002*. – P. 439-444.
18. Herrmann, K. *Meshmd1-a middleware for self-organization in ad hoc networks* [Text] / K. Herrmann // *Proceedings of the 23rd International Conf. on Distributed Computing Systems Workshops, Providence, RI, USA, 19-22 May 2003*. – P. 446-451.
19. *Realizing multi-dimensional software adaptation* [Text] / P. K. McKinley, E. P. Kasten, S. M. Sadjadi, Z. Zhou // *Proceedings of the ACM Workshop on Self-Healing, Adaptive and Self-MANaged Systems, Held in Conjunction with the 16th Annual ACM International Conference on Supercomputing, New York City, 22-26 June 2002*. – P. 8.
20. *Containment units: A hierarchically composable architecture for adaptive systems* [Text] / J. M. Cobleigh, B. S. Lerner, L. J. Osterwell, A. Wise // *Proceedings of the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering, Charleston, South Carolina, USA, 18-22 November, 2002*. – P. 159-165.
21. *Automate: Enabling autonomic applications on the grid* [Text] / M. Agarwal [et al] // *Proceedings of the 5th Annual International Workshop on Autonomic Computing Workshop, Active Middleware Services, Seattle, WA USA, 25 June 2003*. – P. 48-57.
22. Прищеп, М. В. Особенности разработки пользовательского интерфейса мобильного информационного робота [Текст] / М. В. Прищеп, К. Ю. Баранов // *Известия вузов. Приборостроение*. – 2012. – Т. 55, № 11. – С. 46-51.
23. Seffah, A. *Multiple User Interfaces: Cross-Platform Applications and Context-Aware Interfaces* [Text] / A. Seffah, H. Javahery. – John Wiley & Sons, 2005. – 414 p.
24. Kay, J. *Pragmatic User Modelling for Adaptive Interfaces* [Text] / J. Kay // *Adaptive Interfaces: Principles and Practice* / for editor: Schneider-Hufschmidt, Kuhme & Malinowski. – Amsterdam, North-Holland, 1993. – P. 129-148.
25. Elaine, R. *User Modeling via Stereotypes* [Text] / R. Elaine // *Cognitive Science*. – 1979. – № 3. – P. 329-354.
26. Jain, L. C. *Evolution of Teaching and Learning Paradigms in Intelligent Environment* [Text] / L. C. Jain, R. A. Tedman, D. K. Tedman. – Springer, 2007. – 308 p.
27. De Bra, P. *AHAM: A Dexter-based Reference*

Model for Adaptive Hypermedia [Text] / P. De Bra, G. J. Houben, H. Wu // *Proceedings of the ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, Darmstadt, Germany, 21-25 Febr., 1999.* – P. 147–156.

28. Fink, J. *User Modeling Servers: Requirements, Design, and Evaluation [Text]* / J. Fink. - IOS Press, 2004. – 189 p.

29. Sidorov, G. *Zipf and heaps laws' coefficients depend on language [Text]* / G. Sidorov, A. Gelbukh // *Proceeding of Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics, Mexico City, 18–24 Febr. 2001.* – P. 332- 335.

30. *Efficient retrieval of partial documents [Text]* / J. Zobel, A. Moat, R. Wilkinson, R. Sacks-Davis // *Information Processing and Management.* – 1995. – Vol. 31, № 3. - P. 361 - 377.

31. Cutler, M. *Using the structure of html documents to improve retrieval [Text]* / M. Cutler, Y. Shih, W. Meng // *Proceedings of the USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems on USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, Anaheim, California, 6-10 Jan. 1997.* - P. 241-251.

32. Мелихов, А. Н. *Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой [Текст]* / А. Н. Мели-

хов, Л. С. Берштейн, С. Я. Коровин. – М. : Наука, 1990. – 272 с.

33. Egghe, L. *Power Laws in the Information Production Process: Lotkaian Informetrics [Text]* / L. Egghe. - Elsevier Academic Press, 2005. - 428 p.

34. Moed, H. F. *Statistical relationships between downloads and citations at the level of individual documents within a single journal [Text]* / H. F. Moed. // *Journal of the American Society for Information Science and Technology.* - 2005. - Vol. 56, № 10. - P. 1088-1097.

35. Bradford, S. C. *Sources of information on specific subjects [Text]* / S. C. Bradford // *Journal of Information Science.* - 1985. - Vol. 10, № 4. - P. 173–180.

36. Яблонский, А. И. *Модели и методы исследования науки [Текст]* / А. И. Яблонский. - М. : Эдиториал УРСС, 2001. - 400 с.

37. Kechedzhy, K. E. *Rank distributions of words in additive many-step Markov chains and the Zipf law [Электронный ресурс]* / К. Е. Kechedzhy, О. В. Usatenko, V. A. Yampol'skii. - Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/physics/0406099.pdf>. – 27.01.2014.

Поступила в редакцию 27.01.2014, рассмотрена на редколлегии 12.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. економіки і маркетингу В. М. Варталян, Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського «ХАІ», Харків.

МОДЕЛЬ КОРИСТУВАЧА В АДАПТИВНИХ ІНТЕРФЕЙСАХ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ WEB-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ

Д. С. Негуриця, Є. В. Соколова

У статті визначено складові життєздатності Web-орієнтованих систем, проаналізовано відомі методи побудови й забезпечення якості інтерфейсів користувача, розглянуто особливості адаптивних інтерфейсів. Визначено поняття моделі користувача як обов'язкової складової адаптивних інтерфейсів програмного забезпечення Web-орієнтованих систем. Виконано аналіз відомих методів динамічної класифікації користувачів в адаптивних інтерфейсах програмного забезпечення, сформульовано вимоги до моделі користувача. Розроблено модель процесів взаємодії користувача й Web-орієнтованої системи з адаптивним інтерфейсом.

Ключові слова: адаптивність, адаптованість, інтерфейс користувача, модель користувача, нечітка множина, Web-орієнтована система.

USER MODEL IN ADAPTIVE WEB-ORIENTED SYSTEM SOFTWARE INTERFACES

D. S. Nehurytsia, E. V. Sokolova

In this article, WEB-oriented systems viability components are determined, familiar user interfaces construction and quality assurance methods are analyzed, adaptive interfaces features are discerned. A user model has been defined as a mandatory component part of adaptive WEB-oriented system software interfaces. Analysis for familiar methods of the dynamic classification in adaptive user interface software has been performed, requirements to the user model have been stated. A processes model of interaction between a user and the WEB-based system with an adaptive interface, has been engineered.

Key words: agility, adaptability, user interface, user model, fuzzy set, Web-based system.

Негуриця Дмитрій Сергеевич – аспірант каф. програмної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна, e-mail: neguritsa@gmail.com.

Соколова Євгенія Віталіївна – канд. техн. наук, доцент каф. інженерії програмного забезпечення, Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, e-mail: EVS_khai@gmail.com.