

УДК 004.5; 004.657

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ОНТОЛОГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНОГО ИНТЕРФЕЙСА

О. М. Атаева¹ [0000-0003-0367-5575], В. А. Серебряков² [0000-0003-1423-621X],

Н. П. Тучкова³ [0000-0001-5357-9640]

^{1,2,3}Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ Информатика
и управление РАН, г. Москва

¹oli@ultimeta.ru, ²serebr@ultimeta.ru, ³natalia_tuchkova@mail.ru

Аннотация

Работа посвящена проблеме настройки пользовательских интерфейсов информационной системы, осуществляющей интеграцию данных. Настраиваемый интерфейс служит одним из средств организации представления данных предметной области. Изучен вопрос об использовании семантических связей онтологии для подбора данных, соответствующих задачам исследований. Рассмотрена модель адаптивного интерфейса, который позволяет наиболее точно отразить потребности исследователя в рамках определенной предметной области. Показано, как средствами, заложенными в модели семантической библиотеки, формируется адаптивный интерфейс.

Ключевые слова: онтология, адаптивный интерфейс, предметная область, модель данных

1. ВВЕДЕНИЕ

Адаптивными информационными системами [1] (АИС) называют системы, в которых заложены алгоритмы, изменяющие поведение системы в ответ на действия пользователей или обладающие возможностью модифицировать свой контент не только на уровне данных, но и на уровне связей данных и, соответственно, модифицировать их представление пользователю. В рамках настоящей работы ограничимся рассмотрением интерфейса, настраиваемого в результате действия пользователя. Настройка интерфейса происходит на основе алгоритмов, заложенных в семантической библиотеке как следствие работы пользователя в опре-

деленной предметной области (ПрО) интегрированной системы данных цифровой библиотеки. Адаптация системы на уровне настраиваемого интерфейса направлена на обеспечение информационной потребности пользователя при уменьшении информационного шума.

Таким образом, рассматривается подход к проектированию семантической цифровой научной библиотеки, в которой реализуются механизмы формирования контента «под конкретного пользователя». Благодаря такому подходу осуществляется более углубленный поиск в ПрО пользователя. При этом ПрО пользователя – это то, что предоставляет семантическая библиотека на основе поисковых запросов пользователя, то есть это «умная выборка» из контента библиотеки.

Идея адаптации интерфейсов информационных систем возникла естественным образом у многих разработчиков на этапе интеграции данных и необходимости обеспечить пользователя специфическим интерфейсом, характерным для определенных задач [1–3]. В процессе накопления данных в семантической библиотеке устанавливается множество связей. Связи необходимы для обеспечения полной информационной поддержки пользователей на базе контента информационной системы. Тем не менее, на определенном этапе пользователь может столкнуться с «лишней» информацией, которая не соответствует его интересу, т. е. пертинентностью ответа системы. В этом случае система должна адекватно реагировать на запросы, аккумулируя информацию о пользователе, что и происходит в современных поисковых ресурсах. Развитие этого подхода привело к переходу от «монолитных», единых сервисов информационных систем к «микросервисам» [4–6].

В отношении научных знаний, представляемых в цифровых семантических библиотеках, адаптация интерфейсов системы связана с предоставлением пользователю информации из определенной ПрО и интегрированных данных [7–9]. Если знания связаны с другими научными областями, приложениями, авторами, публикациями, то естественно, что информационная система должна «очертить область интересов» и предоставить пользователю возможность выбора информации при поиске.

В предлагаемой работе рассмотрена адаптация интерфейса семантической

библиотеки LibMeta¹ и ее математического контента, который опирается на классические источники академического сообщества, такие как Математическая энциклопедия, классификаторы MSC² и УДК³, авторские тезаурусы⁴ и словари и др.

2. АИС СЕМАНТИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК

Выделяют несколько видов АИС [1–3].

- Системы, которые *в зависимости от действий пользователя* отображают информацию, соответствующую его информационным потребностям. Это может достигаться за счет сложной организации ключевых слов, графических объектов, процессов, в которые вовлечен пользователь в информационной системе, и т. д. Такие системы адаптируются под действия пользователя, варьируя как способ представления информации, так и саму информацию (например, разные пользователи перемещаются по списку найденной информации в разном порядке, и это в дальнейшем влияет на то, какая информация будет им прежде всего отображаться, или отслеживается последовательность поисковых запросов, чтобы предложить контекстную рекламу). В таких системах *модель данных жестко структурирована*.

- Обучающиеся системы, в основе которых лежат *методы автоматической классификации контента*, благодаря которым выстраивается определенная сеть иерархических и горизонтальных связей в поступающей информации. Система адаптируется под контент, а способы представления информации и сама представляемая информация не зависят от внешних условий (например, действий пользователя). Отличительной особенностью таких систем является *возможность изменять модель данных*, что отражается на классификации и представлении данных в системе.

Семантические библиотеки [10–13] относятся ко второму типу систем. С одной стороны, в таких библиотеках возникает необходимость ограничить контент в рамках некоторой ПрО. Для этого используется набор терминов, описывающих эту ПрО. Чаще всего эти термины организованы в виде некоторого тезауруса. С

¹ <https://libmeta.ru/>

² MSC2020-Mathematics Subject Classification System. <https://zbmath.org/static/msc2020.pdf>

³ <https://teacode.com/online/udc/>

⁴ ГОСТ 7.24-2007 Тезаурус информационно-поисковый многоязычный.

<https://ifap.ru/library/gost/7242007.pdf>

другой стороны, наполнение библиотеки представляет собой множество публикаций, книг, проектов, задач, т. е. это разные ресурсы, перечень которых может изменяться. Изменяются также структура и связи этих ресурсов. Для тематической классификации ресурсов библиотеки могут использоваться различные классификаторы, которые отличаются друг от друга охватом ПрО и степенью детализации при классификации этих областей, то есть можно сказать, что классификация ресурсов библиотеки основана на классификаторах и тезаурусе ПрО. При этом тезаурус может расширяться и пополняться новыми понятиями так же, как и классификатор.

Сказанное выводит на передний план ряд проблем, связанных с реализацией семантической библиотеки, в частности:

- как изменить модель данных и отразить эти изменения в системе;
- как влияют эти изменения на представление данных в интерфейсах пользователей и других потребителей информации (имеются в виду программные агенты, которые могут автоматически извлекать данные контента в машиночитаемом формате).

В целом эти проблемы сводятся к двум вариантам моделей данных и, соответственно, подходам их реализации.

Подход к разработке информационной системы семантической библиотеки *на предварительно жестко заданной модели данных* решает эти вопросы на этапе программной реализации, но любое изменение модели в таком случае требует дополнительной работы программистов. У подхода с жестко заданной моделью данных есть очевидные преимущества. В таких системах легче реализовать сложные взаимосвязи между ресурсами и проще построить «красивый» интерфейс для пользователя.

Подход, при котором *семантическая библиотека позволяет настраивать модель своего контента*, проще с точки зрения конечного пользователя, так как он получает возможность работы с моделью данных, не погружаясь в технические детали реализации. Это также ограничивает возможности моделирования «упрощая то, что можно упростить» в угоду возможности быстрой динамической настройки пользовательских интерфейсов под эти изменения.

В контексте этих проблем и на примере семантической библиотеки LibMeta

рассмотрим: (1) что такое модель данных семантической библиотеки; (2) как настраивается модель данных; (3) как связаны изменения в модели данных с интерфейсами пользователей.

3. ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ МОДЕЛИ ДАННЫХ БИБЛИОТЕКИ

Для построения семантической библиотеки LibMeta используются семантические технологии из стека Semantic Web⁵. Особое значение имеют онтологии⁶, которые позволяют составить модель данных на основе ее понятий и отношений между ними. Понятия онтологии семантической библиотеки можно условно разделить на 2 группы:

- понятия (первого уровня), которые дают высокоуровневый взгляд на структуру контента библиотеки (например: ресурс, атрибут, тезаурус);
- понятия (второго уровня) конкретной ПрО (задачи математической физики, автор публикаций, тезаурус Обыкновенных Дифференциальных Уравнений (ОДУ), ...).

Сами данные (например, задача Коши, Иванов И.И., ...) представляются на основе заданных понятий.

Понятия первого уровня предоставляют возможность проектировать и реализовывать программный интерфейс семантической библиотеки, который, в свою очередь, позволяет описывать *понятия второго уровня*. Например, для того чтобы семантическая библиотека соответствовала ПрО «Математика», вводятся такие понятия, как «Публикация», «Персона», «Формула», которые связываются с тезаурусом ОДУ и «Математической энциклопедией» [14]. Математическая энциклопедия также является *экземпляром понятия «Тезаурус первого уровня»*, то есть в основе пользовательских интерфейсов настройки ПрО лежат *понятия первого уровня*.

На рис. 1 представлен в общем виде процесс формирования интерфейсов библиотеки на основе модели данных. Для этого процесса необходимо выполнить следующую последовательность шагов:

- Определить множество ресурсов (*Публикация, Автор, ...*);

⁵ <https://www.w3.org/standards/semanticweb>

⁶ <https://www.w3.org/standards/semanticweb/ontology>

- Определить атрибуты (название публикации, код (Номер) MSC, является автором, ...);
- Сформировать множество атрибутов для каждого ресурса;
- Сформировать интерфейсы системы на основе видов атрибутов:
 - идентификационные атрибуты используются при выводе краткой информации в различных формах и при поиске дубликатов;
 - поисковые атрибуты используются при формировании форм атрибутивного поиска;
 - описательные атрибуты используются для формирования форм редактирования и просмотра.

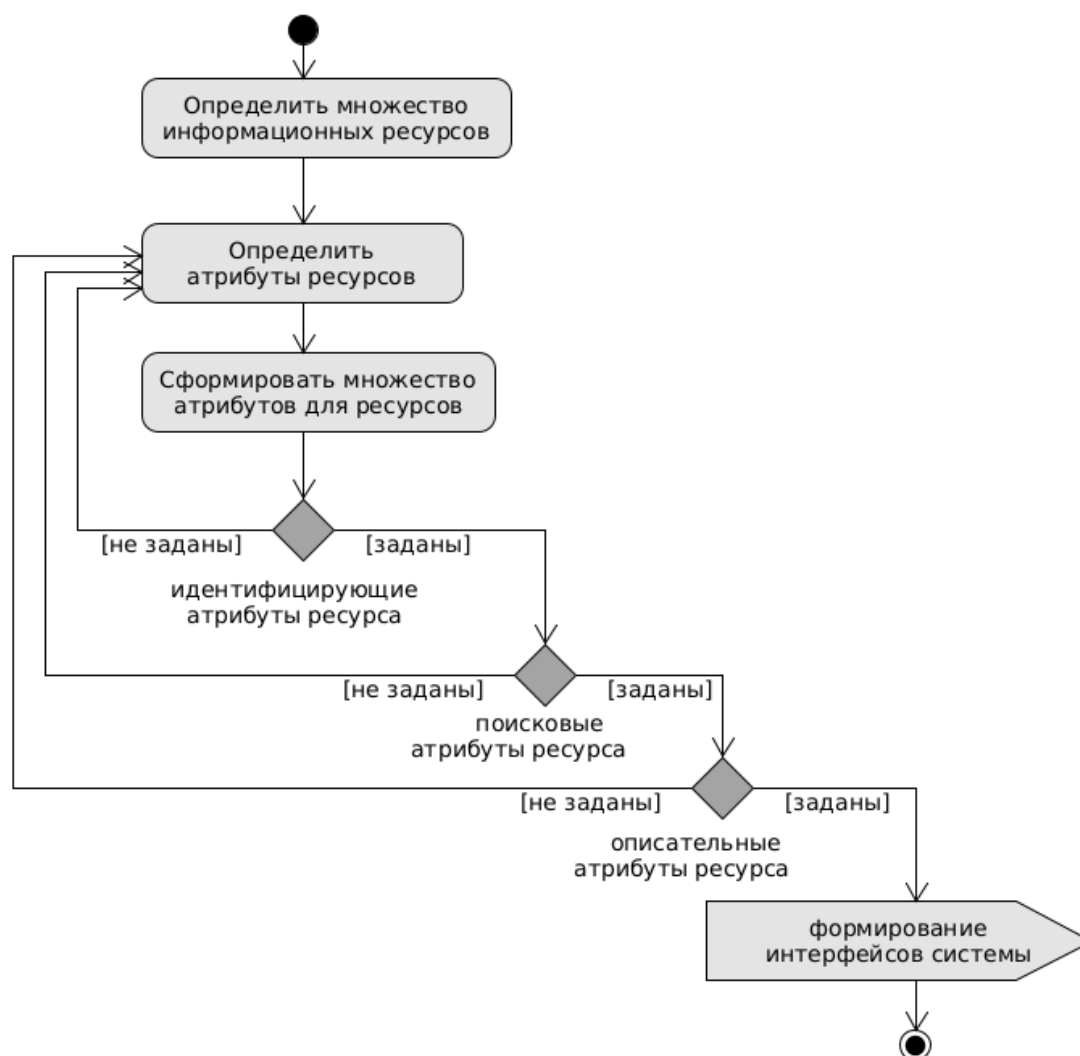


Рис. 1. Настройка интерфейсов

4. МОДЕЛЬ ДАННЫХ И ИНТЕРФЕЙСЫ

4.1. Особенности представления предметной области в библиотеке

В основе подхода настраиваемых интерфейсов находится набор понятий онтологии семантической библиотеки, необходимый для определения любой предметной области (ПрО) в рамках библиотеки. На основе этих понятий определяются специфические понятия предметной ПрО и связи между ними (рис. 2).

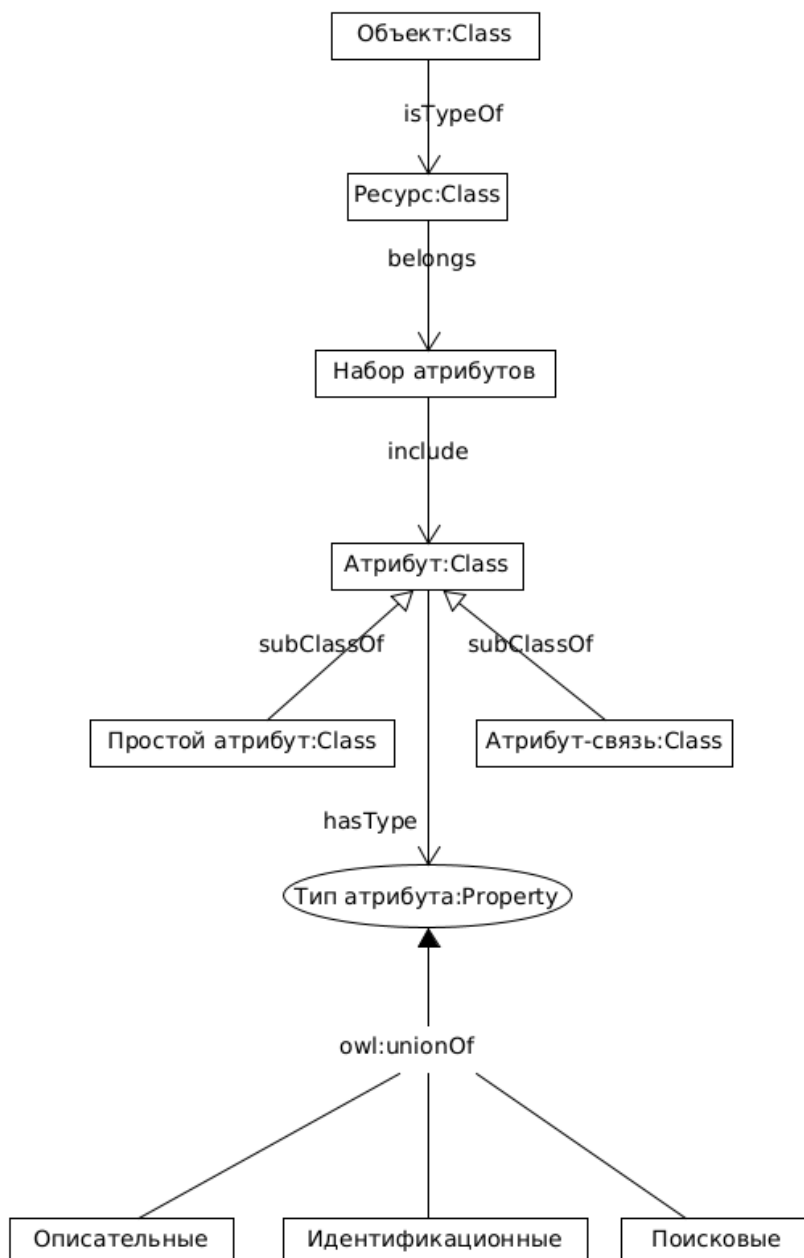


Рис. 2. Фрагмент онтологии

Рассмотрим пример, когда в качестве предметной области ПрО рассматривается подобласть математики «Обыкновенные дифференциальные уравнения». Ресурсами системы являются тезаурус обыкновенных дифференциальных уравнений и соответствующая ему литература. Для определения предметной области ПрО вводятся классы «Литература» и «Тезаурус ОДУ», являющиеся, с другой стороны, экземплярами класса «Ресурс» из онтологии, лежащей в основе библиотеки (рис. 2). Создание экземпляра ресурса происходит средствами системы (рис. 3).

LibMeta
СЕМАНТИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

Математическая энциклопедия

На главную | Список ресурсов | Создать ресурс

Редактировать ресурс

Обозначение (на англ.) * Publication

Название (на русск.) * Публикация

Множество атрибутов * Набор атрибутов публикации

Поисковая форма *

Видимость *

Описание * Ресурс соответствующий публикациям

SameAs [Добавить](#)

Обновить

Рис. 3. Форма создания/редактирования ресурса

Каждый ресурс должен быть снабжен набором атрибутов, которые задают его структуру и в свою очередь делятся на простые атрибуты (такие, как строка,

число) и атрибуты связи, которые позволяют устанавливать связи с другими объектами в рамках библиотеки. Для этого создаются класс набора атрибутов и сами атрибуты на основе соответствующих понятий, представленных на рис. 1. В нашем примере для тезауруса ОДУ в набор его атрибутов добавляются такие атрибуты, как «математическая запись», «примечание», «литература». Наборы атрибутов различаются в зависимости от предметной области ПрО, а также могут изменяться в процессе развития библиотеки. На рис. 4 представлено понятие тезауруса с соответствующим набором значений созданных атрибутов.

LibMeta
СЕМАНТИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

Математическая энциклопедия

На главную | Связанные объекты | Связанные значения объектов | Поиск понятия

Просмотр понятия

Бернулли многочлен $B_n(z)$

Название: Бернулли многочлен $B_n(z)$

Синонимы: Bernoulli polynomial

Тезаурус: [Словарь спецфункций](#)

Связанные понятия → [Бернулли многочлены](#) (Математическая энциклопедия)

Связанные понятия → [Бернулли ОДУ](#) (Тезаурус ОДУ)

Связанные понятия → [Многочлен](#) (Математическая энциклопедия)

Связанные понятия → [Бернулли многочлены](#) (Математическая энциклопедия)

Атрибуты: [Статья](#) - $\frac{te^{zt}}{1-e^t} = \sum_{k=0}^{\infty} B_k(z) \frac{t^k}{k!}$

[Включает формулу](#) -

$$B_n(z)$$

[Включает формулу](#) -

$$\frac{te^{zt}}{1-e^t} = \sum_{k=0}^{\infty} B_k(z) \frac{t^k}{k!}$$

[Тематика \(MSC\)](#) - 11B68 - Bernoulli and Euler numbers and polynomials [связанные объекты](#) [связанные концепты](#)

[Тематика \(УДК\)](#) - 517.589 - Другие специальные функции и специальные числа [связанные объекты](#) [связанные концепты](#)

[Редактировать](#) [Удалить](#)

Рис. 4. Понятие тезауруса. Контент библиотеки

4.2. Настройка интерфейса

Рассмотрим пример настройки интерфейсов для атрибута-связи при определении атрибута «Номер MSC», который связывает литературу с классификатором MSC, при этом соответствующий ресурс *Литература* уже предварительно был создан. На основе онтологии в форме описания атрибута при указании атрибута «Номер MSC» и его типа «Таксономия» (рис. 5), используя конкретный

классификатор MSC на форме редактирования публикации (рис. 6), получим элемент, который позволяет найти и «привязать» элемент классификатора к конкретной публикации, а на форме просмотра этой публикации (рис. 7) появится возможность перейти по ссылке и посмотреть связанные с ним объекты.

Редактировать атрибут

Название (на русск.) * Номер MSC

Вид представления - Поисковый - Идентифицирующий - Описательный

Многозначный *

Видимость *

Тип значений * Таксономия

Тип значений объектов MSC

Рис. 5. Определение атрибута-связи

Редактировать объект

Тип объекта * Публикация

Атрибуты

Название Бесконечно мелкие разбиения пространств с мерой

Номер MSC [Выбрать элементы](#)

[00A08 - Удалить](#)

Рис. 6. Форма редактирования публикации

Просмотр объекта

Бесконечно мелкие разбиения пространств с мерой

Тип объекта [Публикация](#)

Атрибуты

[Название](#) - Бесконечно мелкие разбиения пространств с мерой

[Номер MSC](#) - [00A08 - Recreational mathematics](#) [связанные объекты](#) [связанные концепты](#)

Рис. 7. Форма просмотра публикации

Аналогично можно настроить атрибут-связь и для тезауруса. Это позволит связать понятие тезауруса с любым объектом в контенте библиотеки.

Виды атрибута *поисковый, описательный, идентифицирующий* при определении атрибута (как простого, так и связи) в свою очередь позволяют указать, в каком виде представления информации о ресурсе участвует тот или иной атрибут. Так как атрибут «Номер MSC» отмечен как *поисковый*, то соответствующий элемент появляется на *поисковой форме* (рис. 8).

Поиск информационных объектов	
Тип объекта *	Публикация ▾
Атрибуты	
Название на русском	<input type="text"/>
Номер MSC	Выбрать элементы
Журнал	<input type="text"/>

Рис. 8. Форма поиска публикации

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В модели семантической библиотеки введены понятия для описания содержимого библиотеки некоторой ПрО. Эти понятия позволяют сконструировать описание любых типов информационных ресурсов для выбранной области в рамках контента библиотеки. Информационные объекты, являющиеся непосредственно содержимым библиотеки, имеют распределенную природу, а именно, данные могут поступать из различных источников и агрегировать информацию из различных источников, что приводит к изменениям в существующей модели и их соответствующем отображении в интерфейсах библиотеки. Для реализации этого алгоритма как нельзя лучше подходит построение *адаптивных* интерфейсов системы на основе *модели данных* описания научных ресурсов. Это позволяет не ограничиваться при разработке строго фиксированным набором ресурсов. На примере семантической библиотеки LibMeta показан процесс формирования адаптивного интерфейса, соответствующего ПрО пользователя. Применение адаптивной модели позволяет понизить сложность (размерность) как самой модели данных, так и разрабатываемых на ее основе систем, ускоряя внедрение и развитие семантической библиотеки в практику исследований в конкретных ПрО.

Работа представлена в рамках выполнения темы госзадания «Математические методы анализа данных и прогнозирования» ФИЦ ИУ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sabatucci L., Seidita V., Cossentino M.* The Four Types of Self-adaptive Systems: A Metamodel. In: De Pietro G., Gallo L., Howlett R., Jai, L. (Eds). Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services 2017. KES-IIMSS-18 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies, 2018. Vol. 76 P. 440–450. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59480-4_44.
URL: https://www.researchgate.net/publication/318132984_The_Four_Types_of_Self-adaptive_Systems_A_Metamodel (доступно 20.01.2023)
2. *Ferreira H., Correia F., Aguiar A.* Design for an Adaptive Object-Model Framework. An Overview. Proceedings of the 4th Workshop on Models@run.time, held at the ACM/IEEE 12th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MoDELS'09) Denver, USA, October 5th, 2009. // CEUR Workshop Proceedings, M. Jeusfeld c/o Redaktion Sun SITE, Informatik V, RWTH Aachen (Aachen, Germany). 2009. Vol. 509. P. 71–80.
URL: http://ceur-ws.org/Vol-509/paper_13.pdf (доступно 20.01.2023)
3. *Yoder J.W., Johnson R.* The Adaptive Object-Model Architectural Style. 2002. URL: <https://www.researchgate.net/publication/220864957>.
4. *Fowler M., Lewis J.* Microservices. 2014. [Online].
URL: <http://martinfowler.com/articles/microservices.html> (доступно 20.01.2023)
5. *Andrade B., Santos S., Silva A. R.* From Monolith to Microservices: Static and Dynamic Analysis Comparison. 2022. URL: <https://10.48550/arXiv.2204.11844> Corpus ID: 248392322 (доступно 20.01.2023)
6. *Santos N., Silva A.R.* A Complexity Metric for Microservices Architecture // Computer Science. IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA). Salvador, Brazil, 2020. P. 169–178, <https://doi.org/10.1109/ICSA47634.2020.00024>.
7. *Mascardi V., Cordi V., Rosso P.* A Comparison of Upper Ontologies. Conference: WOA 2007: Dagli Oggetti agli Agenti. 8th AI*IA/TABOO Joint Workshop "From Objects to Agents": Agents and Industry: Technological Applications of Software Agents, 24–25 September 2007, Genova, Italy. 2007.

8. *Katsis Y., Papakonstantinou Y.* View-based data integration // Encyclopedia of Database Systems. 2009. P. 3332–3339.
 9. *Xu L., Embley D.W.* Combining the Best of Global-as-View and Local-as-View for Data Integration // ISTA. 2004. Vol. 48. P. 123–136.
 10. *Noy N.F.* Semantic integration: a survey of ontology-based approaches // ACM Sigmod Record. 2004. Vol. 33. No. 4. P. 65–70.
 11. *Zhao L., Ichise R.* Ontology integration for linked data // Journal on Data Semantics. 2014. Vol. 3. No. 4. P. 237–254.
 12. *Serebryakov V.A., Ataeva O.M.* Ontology Based Approach to Modeling of the Subject Domain “Mathematics” in the Digital Library // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2021. V. 42. No. 8. P. 1920–1934.
 13. *Ataeva O.M., Serebryakov V.A., Tuchkova N.P.* Creation of query expansion based on the subject domain thesaurus in the ontology of knowledge of the semantic library // Scientific service on the Internet: Proceedings of the XXI All-Russian Scientific Conference (September 23–28, 2019, Novorossiysk). P. 63–74.
https://doi.org/10.20948/abrau-2019-12_
 14. *Ataeva O., Serebryakov V., Tuchkova N.* Creating the Applied Subject Area Ontology by Means of the Content of the Digital Semantic Library // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2022. V. 43. No. 7. P. 1795–1804.
<https://doi.org/10.1134/S1995080222100043>
-

MODELING AN ADAPTIVE INTERFACE USING SEMANTIC ONTOLOGY RELATIONS

O. M. Ataeva¹ [0000-0003-0367-5575], **V. A. Serebriakov**² [0000-0003-1423-621X],

N. P. Tuchkova³ [0000-0001-5357-9640]

^{1,2,3}*Dorodnicyn Computing Centre FRC CSC RAS, Moscow*

¹oli@ultimeta.ru, ²serebr@ultimeta.ru, ³natalia_tuchkova@mail.ru

Abstract

The work is devoted to the problem of customizing the user interfaces of an information system that integrates data. An adaptive interface serves as one of the means of organizing the presentation of subject domain data. The issue of using the

semantic relations of ontology to select data corresponding to the objectives of the study is investigated. A model of an adaptive interface is considered, which allows the most accurate reflection of the needs of a researcher within a particular subject domain. It is shown how the adaptive interface is formed by means of the semantic library model.

Keywords: *ontology, adaptive interface, subject domain, data model*

REFERENCES

1. *Sabatucci L., Seidita V., Cossentino M.* The Four Types of Self-adaptive Systems: A Metamodel. In: De Pietro G., Gallo L., Howlett R., Jai, L. (Eds). *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services 2017. KES-IIMSS-18 2018. Smart Innovation, Systems and Technologies, 2018. Vol. 76 P. 440–450.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59480-4_44.
URL: https://www.researchgate.net/publication/318132984_The_Four_Types_of_Self-adaptive_Systems_A_Metamodel (доступно 20.01.2023)
2. *Ferreira H., Correia F., Aguiar A.* Design for an Adaptive Object-Model Framework. An Overview. *Proceedings of the 4th Workshop on Models@run.time, held at the ACM/IEEE 12th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MoDELS'09) Denver, USA, October 5th, 2009.* // *CEUR Workshop Proceedings, M. Jeusfeld c/o Redaktion Sun SITE, Informatik V, RWTH Aachen (Aachen, Germany). 2009. Vol. 509. P. 71–80.*
URL: http://ceur-ws.org/Vol-509/paper_13.pdf (доступно 20.01.2023)
3. *Yoder J.W., Johnson R.* The Adaptive Object-Model Architectural Style. 2002. URL: <https://www.researchgate.net/publication/220864957>.
4. *Fowler M., Lewis J.* *Microservices.* 2014. [Online].
URL: <http://martinfowler.com/articles/microservices.html> (доступно 20.01.2023)
5. *Andrade B., Santos S., Silva A. R.* From Monolith to Microservices: Static and Dynamic Analysis Comparison. 2022. URL: <https://10.48550/arXiv.2204.11844>
Corpus ID: 248392322 (доступно 20.01.2023)
6. *Santos N., Silva A.R.* A Complexity Metric for Microservices Architecture // *Computer Science. IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA).* Salvador, Brazil, 2020. P. 169–178, <https://doi.org/10.1109/ICSA47634.2020.00024>.

7. *Mascardi V., Cordi V., Rosso P.* A Comparison of Upper Ontologies. Conference: WOA 2007: Dagli Oggetti agli Agenti. 8th AI*IA/TABOO Joint Workshop "From Objects to Agents": Agents and Industry: Technological Applications of Software Agents, 24–25 September 2007, Genova, Italy. 2007.
8. *Katsis Y., Papakonstantinou Y.* View-based data integration // Encyclopedia of Database Systems. 2009. P. 3332–3339.
9. *Xu L., Embley D.W.* Combining the Best of Global-as-View and Local-as-View for Data Integration // ISTA. 2004. Vol. 48. P. 123–136.
10. *Noy N.F.* Semantic integration: a survey of ontology-based approaches // ACM Sigmod Record. 2004. Vol. 33. No. 4. P. 65–70.
11. *Zhao L., Ichise R.* Ontology integration for linked data // Journal on Data Semantics. 2014. Vol. 3. No. 4. P. 237–254.
12. *Serebryakov V.A., Ataeva O.M.* Ontology Based Approach to Modeling of the Subject Domain “Mathematics” in the Digital Library // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2021. V. 42. No. 8. P. 1920–1934.
13. *Ataeva O.M., Serebryakov V.A., Tuchkova N.P.* Creation of query expansion based on the subject domain thesaurus in the ontology of knowledge of the semantic library // Scientific service on the Internet: Proceedings of the XXI All-Russian Scientific Conference (September 23–28, 2019, Novorossiysk). P. 63–74.
https://doi.org/10.20948/abrau-2019-12_
14. *Ataeva O., Serebryakov V., Tuchkova N.* Creating the Applied Subject Area Ontology by Means of the Content of the Digital Semantic Library // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2022. V. 43. No. 7. P. 1795–1804.
<https://doi.org/10.1134/S1995080222100043>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



АТАЕВА Ольга Муратовна – научный сотрудник Вычислительного центра им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, кандидат техн. наук, специалист в области системного программирования и баз данных.

Olga Muratovna ATAeva – researcher of the of Dorodnicyn computing center FRC SCS RAS, PhD, expert in the field of system programming and databases.

email: oli@ultimeta.ru

ORCID: 0000-0003-0367-5575



СЕРЕБРЯКОВ Владимир Алексеевич – специалист в области теории формальных языков и её приложений, доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. отделом Вычислительного центра им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН. Руководитель и участник разработки ряда известных программных проектов, в частности, ИСИР и ИСИР РАН, «Научный портал РАН».

Vladimir Alekseevich SEREBRIAKOV – expert in the field of theory of formal languages and its applications, doctor of sciences, professor, head of Dorodnicyn computing center FRC SCS RAS department. Head and participant in the development of a number of well-known program projects, in particular, ISIR and ISIR RAS, Scientific portal RAS.

email: serebr@ultimeta.ru

ORCID: 0000-0003-1423-621X



ТУЧКОВА Наталия Павловна – старший научный сотрудник Вычислительного центра им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, кандидат физ.-мат. наук, окончила ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова. Специалист в области алгоритмических языков и информационных технологий.

Natalia Pavlovna TUCHKOVA – senior researcher of Dorodnicyn computing center FRC SCS RAS, PhD in physics with a math degree, graduated from CS Faculty of Lomonosov MSU. The expert in the field of algorithmic languages and information technologies.

email: natalia_tuchkova@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5357-9640

Материал поступил в редакцию 30 января 2023 года
