УДК 004.418:[004.89+351.85]

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИНТЕГРАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕМАТИЧЕСКИМИ ВИРТУАЛЬНЫМИ МУЗЕЯМИ****Анггаи С.***Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
e-mail: sajarwo@gmail.com*

В последнее время система виртуального музея становится популярной, многие музейные учреждения создают свою политику цифрового сохранения музейных данных, разрабатывают онлайн-сайты, демонстрируют виртуальные коллекции и создают выставки в различных СМИ, создавая тем самым новую форму представления и изучения музейной информации. Вместе с этим феномен цифровой трансформации предоставляет гораздо больше доступной информации, чем прежде, что порождает новые проблемы. Одна из них – помочь обычным посетителям виртуального музея с определением, где находится лучшая информация, которая им действительно необходима. Другая – развитие музейных онлайн-магазинов, которые могут стать для бизнеса новым рынком продаж продуктов, связанных с музейным контекстом. Для решения данных проблем автор разработал и внедрил автоматизированную систему управления тематическими виртуальными музеями (АСУ ТВМ), которая имеет универсальную конвертацию любых цифровых музейных данных, собственную индексную структуру, микросервисы и программные компоненты тематического моделирования. В данной работе приведены результаты работы АСУ ТВМ и ее качественной оценки 111 респондентами, где эксперимент показал, что среднее время отклика запросов по четырем основным компонентам АСУ ТВМ составило 7 мс, что соответствует критериям времени отклика или задержки в микросервисах. Большая часть опрошенных респондентов по восьми основным параметрам качества системы ТВМ (51,61 %) согласны с высоким качеством системы, 36,23 % респондентов полностью согласны. Суммарная оценка по четырем категориям параметров показала 49,39 % согласных и 38,75 % полностью согласных пользователей, что в целом указывает на высокий уровень согласованности оценки со стороны респондентов разработанной автором АСУ ТВМ.

Ключевые слова: виртуальный музей, автоматизированная система управления, музейный экспонат, цифровая трансформация, тематические виртуальные музеи, микросервисы

**DESIGN, INTEGRATION, AND IMPLEMENTATION OF THE AUTOMATED
MANAGEMENT SYSTEM OF THEMATIC VIRTUAL MUSEUMS****Anggai S.***St. Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: sajarwo@gmail.com*

Nowadays, virtual museum become popular, many museum institutions are creating their policy of digital preservation of museum data, developing online sites, demonstrating virtual collections and creating exhibitions in various media, and thus creating a new form of presentation and study of museum information. Along with this, the phenomenon of digital transformation provides much more accessible information than before, which gives rise to new problems. One of them is to help ordinary visitors to a virtual museum with a definition of where is the best information they actually needed. Another one is the development of museum online stores, which can become a new market for selling products related to the museum context for business. To solve these problems, the author has developed and implemented an automated management system for thematic virtual museums (AMS TVM), which has a universal conversion of any digital museum data, index structure, microservices and program components of thematic modeling. In this paper, shows the results work of the AMS TVM and its qualitative assessment by 111 respondents, where the experimental results show the averages requests latency on four main components of the AMS TVM system was 7ms, which meets the criteria of response time or latency in microservices. The majority of the interviewed respondents on the eight main parameters of the quality of the TVM system (51.61 %) agree with the high quality of the system, 36.23 % of respondents strongly agree. The total score for four categories of parameters showed 49.39 % agree and 38.75 % strongly agree users, which generally indicates a high level of consistency of the respondents' assessment of the AMS TVM developed by the author.

Keywords: virtual museum, automated management system, museum exhibition, digital transformation, thematic virtual museums, microservices

Быстрое развитие информационных и коммуникационных технологий заставляет правительства, организации или институты переносить свои ресурсы на цифровую платформу и оцифровывать данные, содержащиеся в обычных документах. Эффект оцифровки – это цифровое преобразование, из-за которого объем данных увеличивается. Широко распространенная цифровая трансформация заставляет заинтересованные стороны изменять свою стратегию

и бизнес-модель, чтобы поддерживать конкурентоспособность.

В последнее время система виртуального музея становится популярной, многие музейные учреждения создают свою политику цифрового сохранения музейных данных, разрабатывают онлайн-сайты, демонстрируют виртуальные коллекции и создают выставки в различных СМИ, создавая тем самым новую форму представления и изучения музейной информации [1, 2].

Вместе с этим феномен цифровой трансформации предоставляет гораздо больше доступной информации, чем прежде, что порождает новые проблемы. Одна из них – помочь обычным посетителям виртуального музея с определением, где находится лучшая информация, которая им действительно необходима [3]. Другая – развитие музейных онлайн-магазинов, которые могут стать для бизнеса новым рынком продаж продуктов, связанных с музейным контекстом [4]. В данной работе приводится описание методов проектирования архитектуры автоматизированной системы управления тематическими виртуальными музеями (АСУ ТВМ), системы рекомендаций ТВМ, инструмента для пользовательской оценки, а также ставятся эксперименты по оцениванию респондентами (участниками) качества работы АСУ ТВМ.

Архитектура микросервисов АСУ ТВМ

Многие организации и компании с целью сокращения эксплуатационных расходов создают собственные центры обработки данных. Однако, по мере развития предприятия и роста объемов информации, ресурсы центров достигают заложенного в них предела, и компаниям делается трудно обойтись без покупки дополнительных ресурсов. В то же время облачные вычисления предлагают масштабируемые модели услуг по требованию, такие как «Инфраструктура как услуга» (IaaS), «Платформа как услуга» (PaaS) и «Программное обеспечение как услуга» (SaaS), которые реализуют развертывание ресурсов как общедоступного, частного или гибридного облака, в зависимости от требований клиента или бизнеса.

Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) определил облачные вычисления как модель для обеспечения удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов, включая сети, серверы, хранилища, приложения и сервисы, которые могут быть быстро предоставлены с минимальными усилиями по управлению или взаимодействию с поставщиками услуг [5]. Облачные вычисления имеют много преимуществ перед традиционными, например стоимость, скорость, масштабируемость, производительность, эффективность и надежность.

Облачные провайдеры, такие как Google и Amazon, вывели облачные вычисления на первый план общественного сознания, они предлагают свои услуги в таких направлениях, как вычисление, хранение и доставка контента, базы данных, создание сетей, инструменты для разработчиков, управление безопасностью, аналитика, большие данные, машинное обучение и другие [6].

Раньше при разработке программного обеспечения в основном использовали сервис-ориентированную архитектуру (SOA), которая является результатом эволюции клиент-серверной модели. SOA предоставляет услугу по протоколу связи компонентов через сеть и опирается на простой тип Remote Procedure Calls. Часто используется, например, Simple Object Access Protocol (SOAP). Клиент в основном, используя стандартный язык общения (например, XML), взаимодействует посредством обмена сообщениями со связующим программным обеспечением, которое перенаправляет эти сообщения сервисам с различных типов [7]. Сервисы SOAP широко используют тяжеловесное промежуточное программное обеспечение для организации сервисов, таких как Сервисная шина предприятия (ESB) [8].

В [9] были описаны разработанные индекс и обслуживающий его небольшой сервис, названные «микросервисами». Идея микросервисов в настоящее время завоевала большую популярность по сравнению с традиционной идеей монолитной архитектуры. Большинство исследователей выбрали микросервисы для получения масштабируемости, быстрого реагирования, быстрого развертывания программного обеспечения, функционального разделения устойчивости, снижения затрат на ресурсы и т.п. [7].

Децентрализуя архитектуру приложения, разработчики программного обеспечения могут писать больше логики в микросервисах, а связь между сервисами упрощается с использованием протокола REST [8]. Основное различие между микросервисами и сервисами SOAP заключается в использовании промежуточного программного обеспечения для бизнес-процессов.

В полной реализации АСУ ТВМ применяется стиль архитектуры микросервисов, которая опирается на облачные вычисления, признаваемый как самый современный. Схема архитектуры микросервисов АСУ ТВМ показана на рис. 1.

Службы сервера фронтенд и бекенд АСУ ТВМ, показанные на рис. 1, полностью разработаны на языке программирования Go, где сервисные компоненты использовали сервисы облачного хранилища, которые могут легко подключаться, отключаться и автомасштабироваться, когда требуется пространство для хранения. Служба сервера фронт-серверов АСУ ТВМ отвечает за обработку запросов и дает ответы пользователям, служба взаимодействует с ними в общедоступной сети, без ограничений. С учетом проблемы безопасности, сервисы сервера бекенд АСУ ТВМ установлены только в частной сети [10].

кретных тем TBM выполняет классификацию каждого документа в базе данных и индексе, исходя из предположения, что коллекция документов принадлежит только одной теме.

Для предсказания интересов пользователя был создан профиль пользователя под названием *term based profile* [14], в котором содержатся термины документов как признак для отслеживания и записи скрытого пути просмотра пользователем документов в коллекции. Данный признак используется для решения проблемы первого запуска (Cold start) при рекомендации на основе СВ фильтрации, когда информация в профиле пользователя отсутствует. В этом случае рекомендательная система предоставляет несколько тем, которые были выявлены службами TBM. В случае первого визита и регистрации пользователя АСУ TBM предоставляет ему перечень сгенерированных тем, которые его могут заинтересовать. Система рекомендаций разработана по схеме на рис. 2.

На рис. 2 показана страница рекомендаций АСУ TBM при самом первом входе пользователя в систему. На странице рекомендаций 5 категорий, рекомендующих коллекции:

- а) «потому что вы заинтересовались темой» (рекомендованы темы, посещенные большинством пользователей);
- б) «выбор лучших коллекций для вас» (рекомендованы коллекции, основанные на списке лучших коллекций, посещенных большинством пользователей);
- в) «трендинг коллекций» (рекомендованы топ лучших коллекций пользователями TBM);
- г) «трендинг тем» (рекомендованы топ лучших тем пользователями TBM);
- д) «популярные коллекции для вас» (рекомендованы топ лучших коллекций для конкретного пользователя).

Страница с подробной информацией о коллекциях TBM (TVM detail collection page), как показано на рис. 2, содержит две категории, которые рекомендуют информацию:

а) похожие коллекции (рекомендованы текущие похожие локальные тематические коллекции или наиболее схожие с текущей тематикой посещенной коллекции);

б) тема, которой вы могли бы заинтересоваться (предлагаются подходящие темы коллекции, основанные на симметричной мере расхождения Дженсена – Шеннона [15–17]).

Оценка АСУ TBM

Для оценивания общей работы АСУ TBM была проведена внутренняя оценка и оценка с точки зрения пользователя. Пользовательская оценка АСУ TBM производилась путем предоставления вопросов для определения пользовательского опыта. Восприятие пользователя становится ключевым показателем того, насколько эффективна интеллектуальная АСУ TBM. Пользовательская оценка позволяет понять, как и почему работают или не работают все разработанные сервисы АСУ TBM. Данная оценка может быть использована для улучшения и развития TBM в будущем.

В качестве пользовательской оценки используется унифицированный фреймворк под названием ResQue, предложенный в работе [18]. ResQue фреймворк основан на использовании принципов моделей оценки удобства использования (таких как модель принятия решений (TAM), оценки практической программности обеспечения (SUMI)) и психометрических методов [18]. На основе фреймворка ResQue была составлена онлайн-анкета TBM, которая состоит из четырех частей:

Рис. 2. Страница рекомендаций АСУ TBM

1. Воспринимаемые качества системы (Perceived Quality). К нему относятся такие качественные рекомендации, как воспринимаемая точность, новизна, привлекательность, разнообразие, контекстная совместимость, адекватность интерфейса, адекватность взаимодействия, достаточность и объяснимость информации.

2. Убежденность пользователей (User beliefs). Параметры для измерения эффективности АСУ ТБМ, такие как простота использования, восприятие полезности, контроля и прозрачности.

3. Отношение пользователя (User Attitudes). Относится к удовлетворенности и доверию пользователей, основанном на всех качествах системы и предлагаемых услугах.

4. Поведенческие намерения (Behavioral Intention). Сосредоточены на том, что пользователь будет делать после того, как использовал систему, например, намерение продолжить работу с системой; рекомендовать своим родственникам или другу; уделять больше внимания предметам/темам, предлагаемым АСУ ТБМ.

Четыре части в онлайн-анкетах ТБМ разделены на восемь показателей качества: качество системы, адекватность взаимодействия, адекватность интерфейса, воспринимаемая легкость использования, воспринимаемая полезность, контроль и прозрачность, отношение пользователей и поведенческие намерения. Было сформулировано в общей сложности 33 вопроса, которые использовались для проверки АСУ ТБМ в целом с точки зрения пользователя.

Эксперименты

Был поставлен эксперимент по оценке функциональности АСУ ТБМ. Была использована облачная инфраструктура Google, расположенная в азиатском регионе Юго-Восточной Азии 1-b, с аппаратными характеристиками были процессоры Intel Xeon E5 v4 (Broadwell) 2,2 ГГц, память 3,7Gb и дисковый накопитель 20Gb. Документы использовались в этом эксперименте на основе корпуса ТБМ, который содержал информацию о 23 485 музейных экспонатах и 20 951 термине (минимум 2 слова, содержащиеся в каждом документе в таблице).

С 5 по 15 марта 2018 г. в Региональном открытом учебном центре Министерства образования стран Юго-Восточной Азии (страна Индонезия) подразделении по обеспечению информационных технологий и публичной онлайн-оценке была проведена оценка качества разработанной интеллектуальной АСУ ТБМ. Этот эксперимент прошел полную онлайн-оценку через веб-сайт ТБМ с 111 участниками, зарегистрированными в системе.

В первой части эксперимента проводилась внутренняя оценка АСУ ТБМ, в рамках которой были созданы 100 тем, используемые в качестве меток кластеров документов. В целях проведения онлайн-эксперимента участникам ставились такие задачи, как изучение тематических музейных коллекций (от 1 до 100 тем) с выбором нескольких интересных, изучение рекомендованных коллекций, поиск информации о коллекции по любым ключевым словам на рекомендованных страницах коллекций.

Во внутренней оценке АСУ ТБМ была подсчитана информация о времени обработки запросов пользователей системой путем записи и вычисления задержки при подключении внешних интерфейсов ТБМ и бекенд-сервиса, как показано на рис. 3.

АСУ ТБМ через внешний сервер выполняет запросы от клиентов по исследованию тематики музейного экспоната и рекомендует тематическую коллекцию. На рис. 3, а, показано, что среднее время ожидания запросов, когда пользователи получают доступ к исследованию рекомендованных коллекций, составляет 10 мс. На рис. 3, б, показано, что среднее время ожидания запросов, когда пользователи получают доступ к темам поиска, составляет 4 мс. На рис. 3, в, показано, что среднее время ожидания запросов, когда пользователи получают доступ к деталям коллекции, составляет 6 мс. На рис. 3, г, показано среднее время ожидания запросов, когда пользователи просматривают информацию на странице поиска, составляет 3 мс. Среднее время обработки запросов по четырем основным компонентам АСУ ТБМ составило 7 мс. Этот эксперимент показал, что интеллектуальная АСУ ТБМ соответствует критериям времени отклика или задержки в микросервисах [19].

Во второй части эксперимента проводилась пользовательская оценка системы ТБМ. Чтобы оценить АСУ ТБМ с точки зрения пользователя, использовался явный метод, который напрямую спрашивает пользователей об их реакциях на систему [20]. В процессе оценивания системы для каждого пользователя была подготовлена страница вопросников ТБМ и форма анкеты для заполнения. Шкала Ликерта использовалась для измерения респондента в вопросах ТБМ, которая объединила схожие вопросы в единую оценку. Формат шкалы Ликерта задается пятью уровнями отношения пользователя к системе: 1) «Полностью не согласен», 2) «Не согласен», 3) «Где-то посередине», 4) «Согласен» и 5) «Полностью согласен». Шкала Ликерта для единственного вопроса – это расчет частоты ответа, в то время как групповые вопросы используют среднее значение частоты ответа при обработке восьми сегментов или четырех частей вопросников ТБМ.

Рис. 3. Задержка от фронтенд к бекенд сервера

Рис. 4. Процентная оценка вопросников TBM по восьми показателям качества

Рис. 5. Процентная оценка вопросников ТВМ по четырем группам

На рис. 4 показаны результаты оценок по следующим 8 качественным показателям: (а) качества системы, (b) адекватности взаимодействия, (с) адекватности интерфейса, (d) воспринимаемой легкости использования, (е) воспринимаемой полезности, (f) контроля и прозрачности, (g) отношения пользователей и (h) поведенческих намерений. В целом большая часть опрошенных респондентов 51,61% «Согласны» с высоким качеством выдаваемых результатов АСУ ТВМ, 36,23% респондентов – «Полностью согласны». Только 8,43% респондентов заявили «Где-то посередине», 3,26% «Не согласны» и 0,47% «Полностью не согласны».

Общая процентная оценка АСУ ТВМ по четырем категориям онлайн-анкеты ТВМ представлена на рис. 5.

На рис. 5 показаны суммарные результаты по четырем категориям параметров: поведенческие намерения, отношение пользователей, убежденность пользователей и воспринимаемое качество. Наибольшая часть опрошенных респондентов (49,39%) выбрали «Согласны», 38,75% «Полностью согласны». Только 8,47% респондентов заявили «Где-то посередине», 2,89% «Не согласны» и 0,49% «Полностью не согласны». Была проверена достоверность вопросников ТВМ по показателю альфа Кронбаха [21], значение которого составило 0,95, что указывает на высокую внутреннюю согласованность результатов анкетирования АСУ ТВМ.

Заключение

В данной работе были описаны архитектура АСУ ТВМ, система рекомендаций ТВМ, инструмент для пользовательской оценки, а также проведена оценка качества работы АСУ ТВМ в процессе ее внедрения в Региональный открытый учебный центр Министерства образования стран Юго-Восточной Азии (страна Индонезия).

Результаты оценки системы показали, что среднее время отклика запросов по четырем основным компонентам АСУ ТВМ составляло 7 мс, разработанная интеллектуальная система АСУ ТВМ соответствует критериям времени отклика или задержки в микросервисах.

Большая часть опрошенных респондентов по восьми основным параметрам качества системы ТВМ (51,61%) согласны с высоким качеством системы, 36,23% респондентов полностью согласны. Суммарная оценка по четырем категориям параметров показала 49,39% согласных и 38,75% полностью согласных пользователей, что в целом указывает на высокий уровень согласованности оценки со стороны респондентов разработанной автором АСУ ТВМ.

Список литературы

1. Lord B., Piacente M. Manual of Museum Exhibitions. 2nd Edition. Maryland: Rowman & Littlefield Publisher. 2014. P. 28–29.
2. Falk J.H. Identity and the Museum Visitor Experience. California: Left Coast Press. 2009. P. 51.

3. Biedermann B. Virtual museums as digital collection complexes. A museological perspective using the example of Hans-Gross-Kriminalmuseum. *Museum Management and Curatorship*. Abingdon: Routledge. 2017. vol. 32. issue 2. P. 281–297.
4. Delgado M.J.B.L., Albuquerque M.H.F. Sustainable Museographies – The Museum Shops. *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier B.V., 2015. vol. 3. P. 6414–6420.
5. Wang C., Wood L.C., Abdul-Rahman H., Lee Y.T. When traditional information technology project managers encounter the cloud: Opportunities and dilemmas in the transition to cloud services. *International Journal of Project Management*. Amsterdam: Elsevier. 2016. vol. 34. issue 3. P. 371–388.
6. Hyseni L.N., Ibrahim A. Comparison of the cloud computing platforms provided by Amazon and Google. 2017 Computing Conference. London: IEEE. 2017. P. 236–243.
7. Salah T., Zemerly M.J., Yeun C.Y., Al-Qutayri M., Al-Hammadi Y. The evolution of distributed systems towards microservices architecture. 2016 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST). Barcelona: IEEE. 2016. P. 318–325.
8. Shadija D., Rezai M., Hill R. Towards an Understanding of Microservices. 2017 23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC). Huddersfield: IEEE. 2017. P. 1–6.
9. Anggai S., Blekanov I.S., Sergeev S.L. Index Data Structure, Functionality, and Microservices in Thematic Virtual Museums. *Vestnik 10 Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University. 2018. vol. 10. issue 1. P. 31–39.
10. Manning C. D., Raghavan P., Schutze H. *Introduction to Information Retrieval*. N.Y.: Cambridge University Press. 2008. P. 1–138.
11. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2005. vol. 17. no. 6. P. 734–749.
12. Lu J., Wu D., Mao M., Wang W., Zhang G. Recommender system application developments: a survey. *Decision Support Systems*. 2015. vol. 74. P. 12–32.
13. Lops P., Gemmis M., Semeraro G. *Content-based Recommender Systems: State of the Art and Trends*. *Recommender Systems Handbook*. Boston: Springer U.S. 2011. P. 73–105.
14. Chen L., Chen G., Wang F. Recommender systems based on user reviews: the state of the art. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. Netherlands: Springer. 2015. vol. 25. issue 2. P. 99–154.
15. Heinrich G. Parameter estimation for text analysis. Leipzig: University of Leipzig. 2004. P. 1–31.
16. Steyvers M., Griffiths T. Probabilistic topic models. *Latent Semantic Analysis: A Road to Meaning*. New Jersey: Lawrence Erlbaum. 2007. P. 1–15.
17. Hall D., Jurafsky D., Manning C. D. Studying the history of ideas using topic models. *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Hawaii: Association for Computational Linguistics. 2008. P. 363–371.
18. Pu P., Chen L., Hu R. A user-centric evaluation framework for recommender systems. *Proceedings of the fifth ACM conference on Recommender systems*. Chicago: ACM. 2011. P. 157–164.
19. Newman S. *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. California: O'Reilly Media. 2015. ed. 1. P. 55.
20. Herlocker J.L., Konstan J.A., Terveen L.G., Riedl J.T. Evaluating collaborative filtering recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*. N.Y.: ACM. 2004. vol. 22. issue 1. P. 5–53.
21. Taber K.S. The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*. 2017. P. 6.