



УДК 004.822

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА И БЕЗОПАСНОСТИ МУЗЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

Р.Р. Хайдарова^a, А.С. Конев^{b,a}, М.В. Лапаев^c, И.Б. Бондаренко^a^a Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация^b СПб ГБУК «Государственный музей городской скульптуры», Санкт-Петербург, 191167, Российская Федерация^c ООО «ТПП Лаб», Санкт-Петербург, 195009, Российская ФедерацияАдрес для переписки: max.wproject@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию 11.10.18, принята к печати 08.12.18

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-1-118-125

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Хайдарова Р.Р., Конев А.С., Лапаев М.В., Бондаренко И.Б. Онтологический подход к автоматизации процессов контроля микроклимата и безопасности музейных объектов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 1. С. 118–125. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-1-118-125

Аннотация

Выполнено исследование в области сохранения культурного наследия с применением современных информационных технологий, в частности, семантического подхода и сенсорных сетей. Предмет исследования – комплексная автоматизация управления параметрами микроклимата музея на основе онтологии. Проведен анализ существующих систем, выявлены их достоинства и недостатки. Рассмотрены уязвимости безопасности систем такого класса, предложен подход к систематизации угроз. Показано, что платформы обеспечения безопасности широко используемых информационных систем и баз данных не гарантируют в полной мере безопасности баз знаний ввиду многих факторов и особенностей, связанных с логическим выводом знаний. Применение общемодельного подхода на базе сенсорных сетей к защите знаний позволит дифференцировать факты и выводимые знания, обеспечив безопасность системы в целом. Предложены онтология предметной области для формализации музейных сущностей и онтология безопасности для формализации существующей структуры безопасности музейного учреждения и обеспечения ограничения логического вывода на графе знаний, зависящего от уровня доступа. Введены сущности, связанные с сетевыми устройствами и интернетом вещей, а также новый уровень доступа Transit Traversal, позволяющий пройти по графу через промежуточные узлы с ограничением доступа к последним. Разработка системы на базе предложенных онтологий с применением данных Госкаталога позволит модернизировать процессы климат-контроля и организации экспозиций, а также обеспечить их безопасность как внутри музея, так и при интеграции с внешними структурами.

Ключевые слова

семантические технологии, онтология музея, онтология безопасности, модернизация музеев, автоматизация музеев, регулирование микроклимата

ONTOLOGICAL APPROACH TO MUSEUM MICROCLIMATE CONTROL PROCESS AUTOMATION AND SECURITY

R.R. Khaydarova^a, A.S. Konev^{b,a}, M.V. Lapaev^c, I.B. Bondarenko^a^aITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation^bThe State Museum of Urban Sculpture, Saint Petersburg, 191167, Russian Federation^cTPP Lab Ltd, Saint Petersburg, 195009, Russian FederationCorresponding author: max.wproject@gmail.com

Article info

Received 11.10.18, accepted 08.12.18

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-1-118-125

Article in Russian

For citation: Khaydarova R.R., Konev A.S., Lapaev M.V., Bondarenko I.B. Ontological approach to museum microclimate control process automation and security. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 118–125 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-1-118-125

Abstract

The paper presents research in the field of cultural heritage preservation and conservation by means of up-to-date information technologies including semantic approach and sensor networks, in particular. The subject of study is an ontology-based

complex automation of museum-specific processes for microclimate parameters control. We present analysis of cultural heritage preservation domain and detect advantages and disadvantages of approaches used nowadays. Existing security vulnerabilities of such class of the systems are presented, threat classification is provided. It is shown that existing security systems and platforms of information systems and knowledge bases, widely used nowadays, cannot not fulfill requirements to security of knowledge bases as a result of many affecting factors and features. The work focuses on both reasons to apply general model-based approach using sensor networks as well as general model-based approach to knowledge security as the only approach able to differentiate facts from inferred knowledge, thus, providing security of the system in general. A set of ontologies is provided for filling the gaps of existing approaches: domain ontology for formalization of museum entities and security ontology for formalization of museum security facilities and for knowledge graph-based inference restrictions depending on access level. Concepts related to network devices and the Internet of things and a new access level are introduced. An innovative Transit Traversal access lever allows for traversing the graph to a final node via other nodes with restricted access. A system based on the provided ontology integrated with Goscatalog enables modernization of climate control and exhibition organization processes as well as ensuring both museum internal security and security of integration with external organizations.

Keywords

semantic technologies, museum ontology, security ontology, up-to-date museums, museum automation, microclimate regulation

Введение

Задача сохранения объектов культурного наследия возникла с появлением первых музеев и не потеряла своей актуальности. Регулирование таких параметров климата, как влажность воздуха, температура, освещенность и др., является неотъемлемой частью решения задачи сохранения объектов культурного наследия. В Научно-исследовательском институте реставрации со второй половины 1960-х гг. функционирует лаборатория климата музеев и памятников архитектуры, основным направлением деятельности которой является исследование влияния факторов микроклимата на музейные коллекции. Лабораторией внедрены нормы, стандарты, методы создания оптимальных условий хранения и защиты музейных артефактов в отсутствие приборов контроля климата и комплексных систем отопления, вентиляции и кондиционирования [1]. Сотрудники не имеют возможности влиять на условия хранения и экспонирования артефактов, а также обрабатывать и передавать информацию о сохранности музейных объектов ввиду проблем комплексной безопасности учреждений¹. Системы, применяемые музеями в настоящее время, не отвечают требованиям безопасности, что может привести к потере или хищению данных.

Обзор применяемых подходов

Несмотря на существующие решения как в области управления климат-контролем, так и справочно-информационных систем, отсутствуют интеллектуальные системы, позволяющие автоматически регулировать параметры микроклимата, и системы, помогающие сотрудникам музея при расстановке экспонатов с учетом условий хранения тех или иных артефактов.

В некоторых российских и зарубежных музеях применяются, в частности, готовые решения климат-контроля. В Колонном зале Русского музея (Санкт-Петербург) система кондиционирования и вентиляции автоматизирована с применением современных радиодатчиков, что позволяет корректировать температурно-влажностные параметры [2]. За рубежом большинство музеев оборудовано устройствами регулирования параметров микроклимата, например в Римском дворце Фишборн применяются современные датчики непрерывного контроля температуры и влажности воздуха с поддержкой Wi-Fi².

В России же большинство музеев применяют простейшие кондиционеры воздуха и жалюзи.

Использование семантических технологий и онтологических подходов позволяет обеспечить интеллектуальный контроль и регулирование микроклимата: машинно интерпретируемое и обрабатываемое представление информации об устройствах и измерениях [3], интероперабельность за счет применения взаимосовместимых моделей SSN (Semantic Sensor Network ontology), IOT-O (Internet of Things ontology) [4, 5]. Одним из успешных результатов применения подобного подхода стала онтология SemIoT (Semantic Internet of Things) [6]. Наибольший интерес представляет онтология CIDOC-CRM (Committee on Documentation, Conceptual Reference Model), применяемая как специалистами в области информационных систем, так и экспертами в области культурного наследия для получения исторических, географических и теоретических фактов об экспонатах [7, 8].

Разработано немало информационно-справочных систем, предоставляющих доступ к обширным базам знаний о музейных коллекциях (пример – MuseumFinland [9]), в частности, систем с применением семантических технологий [10] для решения задач оптимизации культурной программы [11, 12].

Отдельное место занимают исследования в области безопасности семантических систем как частного случая систем, основанных на знаниях. Ряд работ посвящен проблемам доступа и

¹ Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 О противопожарном режиме.

² <https://www.filesthruthair.com/case-studies/case-study-9>

разграничения прав пользователей. В статье [13] рассмотрены проблемы прямого доступа к данным и контроля логических выводов, предложен алгоритм работы с онтологическими данными. В работе [14] рассмотрены проблемы многоуровневой безопасности онтологической системы.

В ряде работ предложены онтологии безопасности, предназначенные для решения комплексных проблем безопасности. Авторами работы [15] предложена структура безопасности на языке политик. Однако наибольший интерес представляет работа [16], рассматривающая онтологию безопасности PPO (Privacy Preference Ontology for Linked Data) для ограничения доступа к информации, представленной в виде связанных данных.

При разработке политик безопасности необходимо адаптировать их под бизнес-процессы музея, разграничивать права пользователей, а также ограничивать логический вывод данных, посредством которого осуществляется проход по узлам «транзитом» до конечного узла и предоставления доступа к нему пользователю с ограничением доступа к промежуточным узлам. Для обеспечения безопасности необходимо отражать угрозы конфиденциальности, целостности, доступности и достоверности.

Стоит отметить, что для любого музея важна интеграция с другими государственными системами с целью передачи и обмена данными. В настоящий момент все российские музейные учреждения работают с системой Госкаталога³, которая основана на семантических технологиях. Таким образом, российские музеи все еще уступают международным стандартам и не отвечают современным требованиям, предъявляемым к государственным организациям по критериям безопасности в части перехода на интеллектуальные семантические системы.

Для преодоления выявленных недостатков необходима разработка интеллектуальной системы с применением современных технологий, позволяющая обеспечить как сохранность культурного наследия, так и безопасность музейного пространства в целом, в основе которой лежит онтологическая модель предметной области.

Описание предлагаемой онтологии

При решении задачи формализации музейной деятельности проанализированы бизнес-процессы, нормативы хранения и экспонирования артефактов и общие принципы организации выставок и хранилищ, выполнен опрос сотрудников музейного учреждения. Разработаны спецификация используемых сущностей, а также спецификация потребностей и требований. Сформированы перечень сущностей, имеющих отношение к проектируемой системе, а также структура их взаимосвязей. На основании полученной информации спроектирована иерархия классов онтологии, формализующей процессы внутри музея.

Центральное место в разработанной онтологии занимают модель предметной области и модель безопасности системы на всех уровнях. В онтологию предметной области музейной системы (рис. 1) для решения поставленных задач, а также для обеспечения совместимости со сторонними онтологиями при интеграции с внешними ресурсами и организациями введены заимствованные из других онтологий сущности. Базовой заимствованной онтологией для детального представления информации об экспонате является онтология CIDOC-CRM. Предлагаемая онтология строится путем прямого заимствования или расширения сущностей базовой онтологии, а также путем добавления новых сущностей, позволяющих описать инфраструктуру музейного учреждения и сетевых устройств.

Основопологающей сущностью музейной системы является класс *Artifacts* (музейный артефакт), содержащий совокупность сущностей, позволяющую детально представить в машинно интерпретируемом виде каждый артефакт: название, описание, материал, коллекция, номер артефакта из книги поступлений, документ, на основании которого предмет поступает в музей (акты приема, протоколы), изображение и др. При этом связанные сущности представляют собой формальное описание соответствующих свойств субъекта. Основопологающая сущность *Devices* (Устройства) через иерархию дочерних классов обеспечивает формальное представление в системе коммуникационного (*Gateway*), а также измерительно-передающего (*Sensors*) и климатического оборудования (*RegulatingDevices*), при этом часть классов для представления тех или иных свойств оборудования заимствована из онтологии SSN. Контроль соответствия параметров микроклимата (температура, влажность, освещенность) условиям экспонирования артефактов обеспечивает сущность *ReferenceBook*, представляющая в системе формальное описание допустимых диапазонов по каждому параметру (*MicroclimateConditions*). Задача расстановки экспонатов с учетом характеристик зала и условий хранения артефактов решается путем взаимодействия системы с формальным описанием условий хранения и сущностями представления информации об экспозиционных помещениях (*Place, Dimensions*). Связь онтологической модели с персоналом и его должностными обязанностями и ролями обеспечивают заимствованные классы онтологии FOAF (Friend of a Friend).

³ <https://goskatalog.ru>

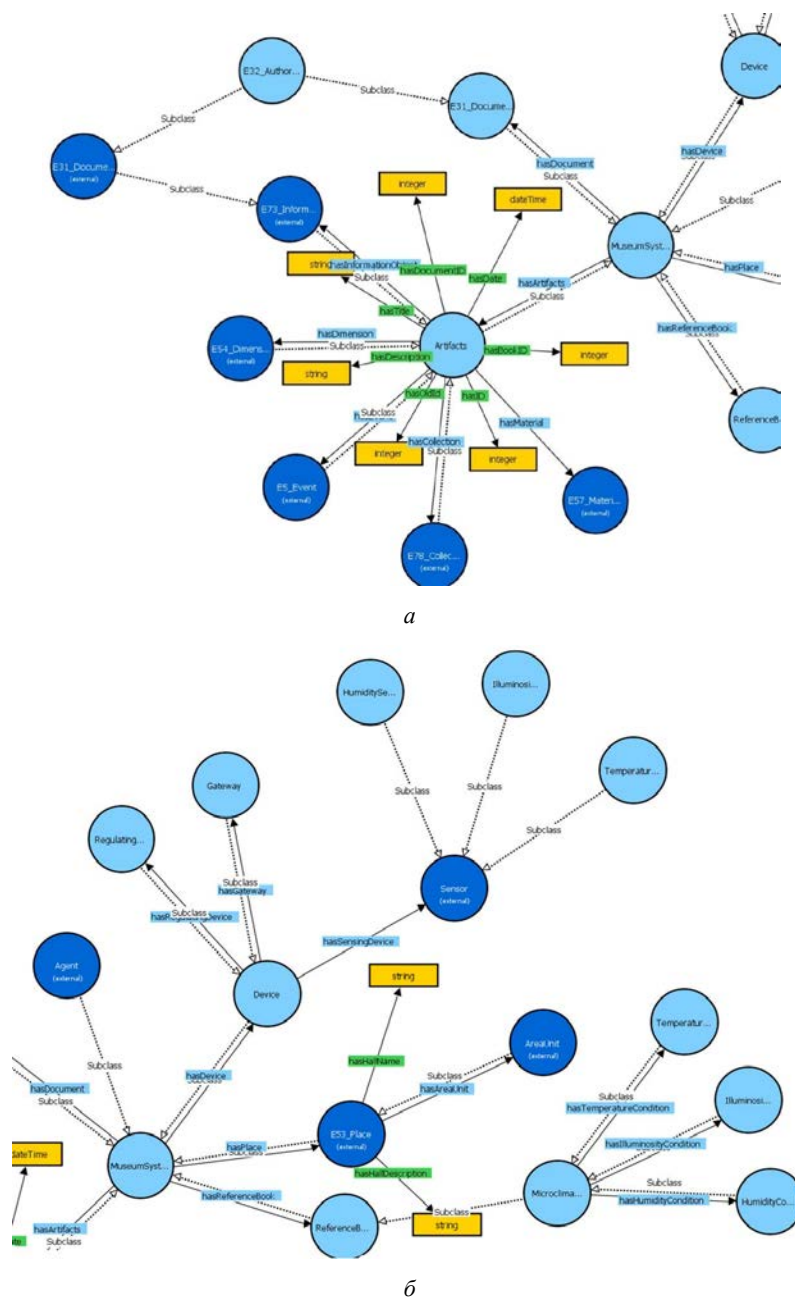


Рис. 1. Сущности представления информации: об артефактах (а); об измерениях (б)

Онтология применима в следующих сценариях:

- 1) консультация и помощь при расстановке экспонатов в зависимости от условий хранения за счет базы знаний и механизма логического вывода. База знаний позволит оперативно получить необходимую информацию об артефакте с использованием семантики запроса, а не за счет вхождения и совпадения слова в контексте. Система, основанная на базе знаний, учитывает условия хранения и экспонирования других музейных артефактов, расположенных в том же экспозиционном пространстве, и путем логического вывода уведомляет сотрудника, если условия хранения размещаемого экспоната конфликтуют с условиями хранения уже размещенных предметов. Система ищет и по возможности предлагает наиболее подходящее пространство;
- 2) взаимодействие с прикладным программным интерфейсом доступа к данным электронных устройств и отправки управляющих сигналов в автоматическом режиме при отклонении параметров микроклимата на основании справочников за счет наполнения онтологии информацией о реальных объектах (датчики, артефакты, климатические приборы и др.). Разработанная онтология должна стать основой для реализации сервисов на уровне приложений, позволяющих автоматически и с наименьшими задержками обеспечивать мониторинг, обрабатывать и анализировать полученные с устройств данные в

псевдореальном времени и воздействовать на параметры микроклимата круглосуточно или формировать соответствующие уведомления для сотрудников музейного учреждения.

Таким образом, представленная модель позволяет решать консультативно-справочные задачи, задачи мониторинга и регулирования параметров микроклимата, а также задачи подготовки экспозиционного пространства, при этом возможность машинной интерпретации в совокупности с подсистемой логического вывода позволяет автоматизировать процессы внутри учреждения и минимизировать вмешательство сотрудников, обеспечивая процесс модернизации музейных учреждений.

Исследованы и выявлены угрозы, связанные как с преднамеренными действиями злоумышленников, так и с внесением случайных изменений в базу знаний, что может привести к некорректной работе автоматических подсистем. Проведенный анализ позволил сформировать перечень требований и спроектировать онтологию, основанную на заимствовании сущностей онтологий FOAF и PPO путем расширения и добавления новых сущностей и свойств с целью обеспечения комплексной безопасности (рис. 2). Назначение онтологии – не только разграничение уровня доступа к информации, но и обеспечение беспрепятственного логического вывода (на основании открытых и закрытых фактов) даже в случае ограниченного доступа к промежуточным узлам (проход транзитом) с разграничением доступа к результатам вывода.

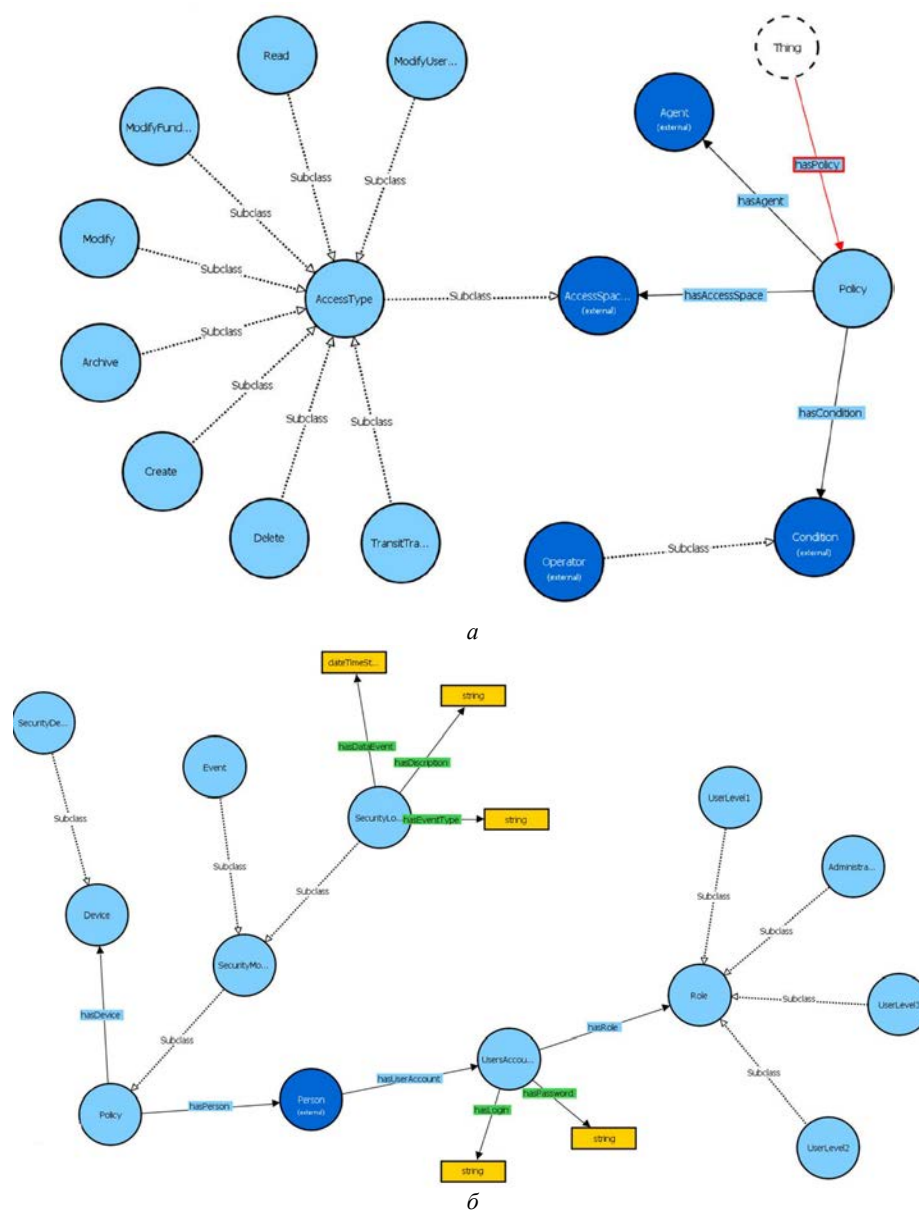


Рис. 2. Сущности представления: уровня доступа (а); ролей (б)

Центральное место онтологии безопасности занимает сущность *Policy*, формализующая параметры конфиденциальности и безопасности, политики и права доступа к ресурсам. Для представления в

системе операций пользователей над документами и сущностями унаследована и расширена сущность *AccessSpace*. При этом иерархия сущностей *AccessType* формализует операции доступа: создание, чтение, изменение, архивация, изменение пользовательских настроек и прав доступа, управление и редактирование фондов, проход по вершине графа знаний транзитом без возможности отображения узла конечному потребителю знаний при решении ограничения логического вывода. Сторонняя сущность *Person* обеспечивает представление пользователя в системе, а класс *UserAccount* через сущность *Role* ассоциирует пользователей с политикой безопасности, при этом для каждой роли доступно ограниченное множество операций доступа. Поддержку автоматической обработки нештатных событий (попытка несанкционированного доступа, отказ подсистем, срабатывание датчиков и др.) обеспечивают сущности *SecurityMonitor* и *Event*, при этом сведения о событиях и процессах урегулирования журналируются в машинно интерпретируемом представлении посредством сущности *SecurityLog*. Заимствованные подклассы *Condition* и *Operator* описывают условия и операторы, применяемые к документам, исчерпывающая информация о них содержится в спецификации унаследованных онтологий FOAF⁴ и PPO⁵. Предложенная онтология способна обеспечить безопасность системы по ранее выявленным угрозам (см. таблицу).

Таблица. Классификация угроз безопасности и их решение

Угроза	Класс онтологии	Описание
Конфиденциальности (случай 1)	Security Monitor, Role, Access Type, Security Log	Проверка входящего запроса от пользователя на чтение данных и соответствие заданных прав пользователя в системе. Журналирование обращений к системе
Конфиденциальности (случай 2)	Security Monitor, Role, Transit Travel, Security Log	Частный случай, позволяющий получить пользователю доступ к результатам вывода без доступа к промежуточным узлам в случае наличия прав у пользователя. Журналирование обращений к системе
Целостности	Security Monitor, Role, Access Type, Security Log	Проверка входящего запроса от пользователя на модификацию, удаление данных и соответствие правам пользователя. Журналирование обращений к системе
Доступности	Security Monitor, Event, Security Log	Идентификация, журналирование, оповещение и блокировка неавторизованных запросов от пользователя в случае превышения заданного в настройках системы лимита
Достоверности	Security Monitor, Role, Access Type, Security Log	Журналирование любых изменений в системе от авторизованных пользователей

Предложенные онтологии позволяют организовать схему хранения данных о предметной области, а также о политиках безопасности, в виде семантического графа, который, в отличие от реляционной модели, позволяет не только описать связь с другими сущностями, но и формализовать характер связи. При этом связи «поле–поле» и «сущность–сущность» дополняются формальным описанием типа отношения, что позволяет воспринимать связи как факты, на основании которых возможны прямой и обратный вывод. Возможность вывода позволяет решать более широкий спектр задач, а возможность назначения отношению признаков рефлексии, кардинальности и др. способствует большей гибкости и большей скорости выполнения запросов, поскольку добавление новых связей в реляционную базу и усложнение иерархии в базах данных документов приводит к значительному снижению производительности.

Заключение

Проанализировано оснащение музеев интеллектуальным программным обеспечением, позволяющим автоматически регулировать микроклимат музейных помещений. По результатам анализа выявлены существенные недостатки как в автоматизации, так и в обеспечении безопасности систем подобного класса. На основании анализа выявлены наиболее непокрытые модельным подходом и наиболее уязвимые с точки зрения применения интеллектуальных систем сегменты. Разработана концепция перехода на модельный подход, в ходе реализации которой предложены две онтологические иерархии: онтологическая модель предметной области и модель онтологической безопасности. Разработанные онтологии позволяют решить задачи модернизации музея и автоматизации музейных процессов, в том числе мониторинга и регулирования микроклимата для обеспечения оптимальных

⁴<http://xmlns.com/foaf/spec/>

⁵<https://www.ebi.ac.uk/ols/ontologies/ppo>

условий хранения и экспонирования, а также обеспечить комплексную безопасность и разграничение прав доступа как к информации, так и к результатам логического вывода.

Литература

1. Лаборатория климата музеев и памятников архитектуры [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gosniir.ru/about/gosniir-structure/climate.aspx, свободный. Яз.рус. (дата обращения 20.04.2018).
2. Beckloff. Государственный Русский музей: проектирование системы автоматизации кондиционирования воздуха [Электронный ресурс]. 2009. Режим доступа: www.beckhoff.ru/ru/pdf/press/2009/BA%202009-10.pdf (дата обращения: 24.04.2018).
3. Seydoux N., Drira K. et al. IoT-O, a core-domain IoT ontology to represent connected devices networks // *Lecture Notes in Computer Science*. 2016. V. 10024. P. 561–576. doi: 10.1007/978-3-319-49004-5_36
4. Bajaj G., Agarwal R., Singh P., Georgantas N., Issarny V. A study of existing Ontologies in the IoT-domain // *arXiv preprint*. 2017. arXiv:1707.00112
5. Agarwal R., Fernandez D., Elsaleh T. et al. Unified IoT ontology to enable interoperability and federation of testbeds // *IEEE 3rd World Forum on Internet of Things*. Reston, USA, 2016. P. 70–75. doi: 10.1109/wf-iot.2016.7845470
6. Kolchin M., Klimov N., Shilin I., Garayzuev D., Andreev A., Mouromtsev D. SEMIOT: an architecture of semantic Internet of Things middleware // *Proc. IEEE Int. Conf. on iThings, GreenCom, CPSCom, SmartData*. Chengdu, China, 2016. P. 416–419. doi: 10.1109/ithings-greencom-cpscom-smartdata.2016.98
7. Соловьев В.Д., Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В. *Онтологии и тезаурусы. Учебное пособие*. Казань, КГУ, 2006. 197 с.
8. Araujo C. et al. Annotated documents and expanded CIDOC-CRM ontology in the automatic construction of a virtual museum // *Studies in Computational Intelligence*. 2018. V. 718. P. 91–110. doi: 10.1007/978-3-319-58965-7_7
9. Hyvönen E. et al. MuseumFinland – Finnish museums on the Semantic Web // *SSRN Electronic Journal*. 2005. V. 3. N 2-3. P. 224–241. doi: 10.2139/ssrn.3199250
10. Marchenkov S.A., Vdovenko A.S., Petrina O.B., Korzun D.G. Smart museum of everyday life history in Petrozavodsk State University: software design and implementation of the semantic layer // *Proc. 21st Conf. of Open Innovations Association FRUCT*. Helsinki, Finland, 2017. doi: 10.23919/fruct.2017.8250186
11. Chianese A., Piccialli F. Designing a smart museum: When cultural heritage joins IoT // *Proc. 8th Int. Conf. on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (NGMAST)*. Oxford, 2014. P. 300–306. doi: 10.1109/ngmast.2014.21
12. Chianese A., Piccialli F. SmaCH: an infrastructure for smart cultural heritage environments // *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*. 2017. V. 26. N 3. P. 185–204. doi: 10.1504/ijahuc.2017.087023
13. Куег Х.В., Тузовский А.Ф. Обеспечение безопасности семантических баз данных // *Вестник науки Сибири*. 2012. № 5 (6). С. 131–139.
14. Куег Х.В. Многоуровневая безопасность для семантических баз данных // *Вестник науки Сибири*. 2012. № 5 (6). С. 93–99.
15. Kagal L., Finin T., Joshi A. A policy based approach to security for the semantic web // *Lecture Notes in Computer Science*. 2003. V. 2870. P. 402–418. doi: 10.1007/978-3-540-39718-2_26
16. Sacco O., Passant A. A Privacy Preference Ontology (PPO) for linked data // *Proc. LDOW-2011*. Hyderabad, India, 2011.

Авторы

Хайдарова Резеда Раитовна – аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 57031874500, ORCID ID: 0000-0001-8270-9192, mignolowa@gmail.com

References

1. *Laboratory of Museums and Architectural Constructions Climate*. Available at: www.gosniir.ru/about/gosniir-structure/climate.aspx (accessed: 20.04.2018).
2. Beckloff. *State Russian Museum: Designing of Automatic System for Air Conditioning*. 2009. Available at: www.beckhoff.ru/ru/pdf/press/2009/BA%202009-10.pdf (accessed: 24.04.2018).
3. Seydoux N., Drira K. et al. IoT-O, a core-domain IoT ontology to represent connected devices networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 2016, vol. 10024, pp. 561–576. doi: 10.1007/978-3-319-49004-5_36
4. Bajaj G., Agarwal R., Singh P., Georgantas N., Issarny V. A study of existing Ontologies in the IoT-domain. *arXiv preprint*, 2017, arXiv:1707.00112
5. Agarwal R., Fernandez D., Elsaleh T. et al. Unified IoT ontology to enable interoperability and federation of testbeds. *IEEE 3rd World Forum on Internet of Things*. Reston, USA, 2016, pp. 70–75. doi: 10.1109/wf-iot.2016.7845470
6. Kolchin M., Klimov N., Shilin I., Garayzuev D., Andreev A., Mouromtsev D. SEMIOT: an architecture of semantic Internet of Things middleware. *Proc. IEEE Int. Conf. on iThings, GreenCom, CPSCom, SmartData*. Chengdu, China, 2016, pp. 416–419. doi: 10.1109/ithings-greencom-cpscom-smartdata.2016.98
7. Solov'ev V.D., Dobrov B.V., Ivanov V.V., Lukashovich N.V. *Ontologies and Thesauri, Tutorial*. Kazan', Russia, KSU Publ., 2006, 197 p. (in Russian)
8. Araujo C. et al. Annotated documents and expanded CIDOC-CRM ontology in the automatic construction of a virtual museum. *Studies in Computational Intelligence*, 2018, vol. 718, pp. 91–110. doi: 10.1007/978-3-319-58965-7_7
9. Hyvönen E. et al. MuseumFinland – Finnish museums on the Semantic Web. *SSRN Electronic Journal*, 2005, vol. 3, no. 2-3, pp. 224–241. doi: 10.2139/ssrn.3199250
10. Marchenkov S.A., Vdovenko A.S., Petrina O.B., Korzun D.G. Smart museum of everyday life history in Petrozavodsk State University: software design and implementation of the semantic layer. *Proc. 21st Conf. of Open Innovations Association FRUCT*. Helsinki, Finland, 2017. doi: 10.23919/fruct.2017.8250186
11. Chianese A., Piccialli F. Designing a smart museum: When cultural heritage joins IoT. *Proc. 8th Int. Conf. on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies, NGMAST*. Oxford, 2014, pp. 300–306. doi: 10.1109/ngmast.2014.21
12. Chianese A., Piccialli F. SmaCH: an infrastructure for smart cultural heritage environments. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2017, vol. 26, no. 3, pp. 185–204. doi: 10.1504/ijahuc.2017.087023
13. Hoang V.K., Tuzovskiy A.F. Security for semantic database. *Siberian Journal of Science*, 2012, no. 5, pp. 131–139. (in Russian)
14. Hoang V.K. Multilevel security for semantic database. *Siberian Journal of Science*, 2012, no. 5, pp. 93–99. (in Russian)
15. Kagal L., Finin T., Joshi A. A policy based approach to security for the semantic web. *Lecture Notes in Computer Science*, 2003, vol. 2870, pp. 402–418. doi: 10.1007/978-3-540-39718-2_26
16. Sacco O., Passant A. A Privacy Preference Ontology (PPO) for linked data. *Proc. LDOW-2011*. Hyderabad, India, 2011.

Authors

Rezeda R. Khaydarova – postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 57031874500, ORCID ID: 0000-0001-8270-9192, mignolowa@gmail.com

Конев Анатолий Сергеевич – ведущий программист, СПб ГБУК «Государственный музей городской скульптуры», Санкт-Петербург, 191167, Российская Федерация; аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0001-5328-367, texchip@gmail.com

Лапаев Максим Владимирович – кандидат технических наук, ведущий разработчик, ООО «ТПП Лаб», Санкт-Петербург, 195009, Российская Федерация, Scopus ID: 56338242800, ORCID ID: 0000-0002-1043-1352, max.wproject@gmail.com

Бондаренко Игорь Борисович – кандидат технических наук, доцент, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID:57191340641, ORCID ID:0000-0001-9857-7200, igorlitmo@rambler.ru

Anatoliy S. Konev – leading software engineer, The State Museum of Urban Sculpture, Saint Petersburg, 191167, Russian Federation; postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-5328-367, texchip@gmail.com

Maxim V. Lapaev – PhD, senior developer, TPP Lab Ltd, Saint Petersburg, 195009, Russian Federation, Scopus ID: 56338242800, ORCID ID: 0000-0002-1043-1352, max.wproject@gmail.com

Igor B. Bondarenko – PhD, Associate Professor, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID:57191340641, ORCID ID:0000-0001-9857-7200, igorlitmo@rambler.ru