

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОФИСНОЙ ПЕЧАТИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

ONTOLOGICAL MODELING OF OFFICE PRINTING INFRASTRUCTURE FOR AUTOMATED MANAGEMENT AND MONITORING IN A CORPORATE ENVIRONMENT

M. Samokhin

Summary. The article presents an ontological approach to modeling the office printing infrastructure in a corporate environment. The developed ontology covers key components: printing devices, consumables, lifecycle events, and process participants. The proposed model is intended for use in intelligent management systems, allowing automated monitoring, analysis, and decision-making within the framework of IT operations. Special attention is paid to the integration of heterogeneous data sources and the prospects for the development of management support services.

Keywords: ontology, office printing, lifecycle management, intelligent systems, monitoring, IT operation.

Самохин Максим Александрович

Волгоградский государственный
технический университет
m.samokhin.it@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен онтологический подход к моделированию инфраструктуры офисной печати в корпоративной среде. Разработанная онтология охватывает ключевые компоненты: устройства печати, расходные материалы, события жизненного цикла и участников процесса. Предлагаемая модель предназначена для использования в интеллектуальных системах управления, позволяя автоматизировать мониторинг, анализ и принятие решений в рамках ИТ-эксплуатации. Особое внимание уделено интеграции разнородных источников данных и перспективам развития сервисов поддержки управления.

Ключевые слова: онтология, офисная печать, управление жизненным циклом, интеллектуальные системы, мониторинг, ИТ-эксплуатация.

Введение

Инфраструктура офисной печати в современных коммерческих организациях является неотъемлемой частью информационно-технологического ландшафта [1]. Принтеры, многофункциональные устройства (МФУ), расходные материалы и вспомогательные сервисы образуют сложную систему, требующую непрерывного контроля, обслуживания и управления. С увеличением количества печатных узлов, а также диверсификацией используемого оборудования, существенно возрастают требования к эффективности администрирования и прозрачности процессов.

Однако традиционные подходы к управлению инфраструктурой печати чаще всего сводятся к мониторингу технического состояния устройств и учету затрат [2]. Такие решения не охватывают всей полноты семантических связей между элементами системы, не обеспечивают формализации накопленных знаний и не позволяют эффективно интегрировать данные из разнородных источников.

В этих условиях особенно актуальным становится применение онтологических методов моделирования,

которые позволяют представить предметную область в виде формализованной системы взаимосвязанных понятий. Онтология офисной печати может стать основой для создания интеллектуальных информационных систем, предназначенных для автоматизированного управления жизненным циклом оборудования, поддержки принятия решений и обеспечения единой информационной модели.

Целью данной статьи является разработка онтологической модели, описывающей ключевые компоненты инфраструктуры офисной печати, а также демонстрация её применимости в задачах мониторинга, анализа и управления в корпоративной среде.

1. Постановка задачи и актуальность онтологического моделирования в инфраструктуре офисной печати

На протяжении последних лет в корпоративных ИТ-средах наблюдается устойчивая тенденция к автоматизации и интеллектуализации процессов управления. В то же время инфраструктура офисной печати часто остаётся в стороне от этих преобразований, оставаясь в рамках традиционного эксплуатационного подхода —

с ручным управлением, нерегулярной диагностикой и отсутствием единой модели данных. Это приводит к множеству проблем:

- недостаточная прозрачность в использовании расходных материалов;
- дублирование учётных данных между подразделениями;
- затруднения при оценке технического состояния и прогнозировании отказов;
- сложность унификации сервисных политик и регламентов.

В условиях, когда на повестке дня стоят задачи цифровой трансформации и интеграции всех компонентов ИТ-инфраструктуры в единое информационное пространство, такие проблемы становятся критически значимыми. Это подчеркивает необходимость перехода от фрагментарного представления о печатной инфраструктуре к её целостной, формализованной модели.

Одним из перспективных решений этой задачи является использование онтологических моделей, применяемых для формального описания предметных областей [3, 4]. В отличие от простых справочников или иерархических классификаторов, онтологии позволяют:

- явно фиксировать взаимосвязи между объектами (например, принтер — картридж — событие отказа);
- задавать логические правила и ограничения;
- строить цепочки причинно-следственных связей;
- выполнять семантический поиск и анализ.

Онтологический подход особенно эффективен при необходимости интеграции разнородных источников данных — например, информации из систем заявок, мониторинга, складского учёта, финансового анализа. Онтология может выполнять роль «семантического клея», обеспечивая единое представление о знаниях вне зависимости от форматов источников.

Целью онтологии является изучение категорий вещей, которые существуют или могут существовать в некоторой предметной области. Одно из определений онтологии рассматривает онтологию как словарь взаимосвязанных терминов, которые определяют структуру предметной области и ограничивают возможную интерпретацию терминов. Неформально онтологию можно определить как набор терминов (концепций) и их определений, изложенных на естественном языке. Формальные онтологии могут быть заданы аксиомами и формулами, изложенными на формальном языке. Аксиоматизированную онтологию можно рассматривать как аксиоматическую теорию предметной области. Как правило, онтологию можно определить как лингвистический артефакт, который определяет общий словарь базовых понятий для обсуждения фрагмента реальности

(предметной области) и определяет, что именно означают эти понятия. Таким образом, онтологии обеспечивают основу для семантического моделирования предметной области, интеграции информации и коммуникации в предметной области. Семантическая интероперабельность для объединения информационных систем разных сторон, разработка композиций информационных систем, управление повсеместными вычислительными средами/интеллектуальными пространствами и контекстно-зависимыми системами, наукоемкие информационные системы — вот лишь несколько примеров областей, сильно зависящих от прогресса в онтологическом моделировании. Особенно интенсивными являются текущие разработки для семантической сети, которая, как планируется, будет предоставлять более автоматизированные сервисы, основанные на семантике данных, поддающейся машинной обработке. Онтологии, как разделяемые и общепринятые теории предметной области, являются ключевым фактором, обеспечивающим доступ, взаимодействие и коммуникацию на основе контента в Интернете, что обеспечивает качественно новый уровень обслуживания. Можно ожидать, что конвергенция цифровых библиотек и технологий семантического веба обеспечит большую семантику при доступе к разнородным информационным коллекциям. Онтологии стали очень широкой и интенсивной областью исследований и разработок, которая заслуживает отдельного анализа. Эта статья представляет собой краткий обзор технологии онтологий. В основном статья посвящена подходам к онтологическому моделированию, которые подразделяются на вербальные модели, модели, основанные на логике, структурные (объектные) модели и гибридные модели. В статье представлен анализ соответствующих средств моделирования. Кратко обсуждаются проекты, направленные на построение онтологий в качестве практических приложений. Из-за семантической и платформенной неоднородности средств онтологического моделирования интеграция онтологий становится сложной задачей, которую необходимо рассмотреть. Наконец, в статье проводится анализ различий между концептуальным моделированием данных и разработкой онтологий.

Таким образом, онтологическое моделирование инфраструктуры офисной печати представляет собой не только научный интерес, но и практическую ценность. Оно позволяет существенно повысить уровень автоматизации управления, создать основу для построения интеллектуальных сервисов и обеспечить гибкую адаптацию ИТ-систем к изменениям в корпоративной среде.

В следующей главе будет представлена разработанная онтология предметной области, включающая основные классы, свойства и отношения, охватывающие жизненный цикл устройств печати, типы расходных материалов, участников процессов и события эксплуатации.

2. Разработка онтологической модели

Разработка онтологической модели инфраструктуры офисной печати начинается с формализации ключевых понятий предметной области. Онтология должна охватывать не только технические аспекты оборудования, но и весь жизненный цикл устройств, связанный с их эксплуатацией, обслуживанием, отказами, заменами и взаимодействием с пользователями и ИТ-специалистами.

В качестве базовой методологии использован подход OWL (Web Ontology Language), позволяющий описывать классы, свойства, отношения и ограничения в логической форме. Также применялись рекомендации, изложенные в работах по сквозному онтологическому проектированию [5], включая этапы: выделение понятий, описание классов, построение иерархии, формализация связей и атрибутов, описание поведенческих сценариев.

В разработанной онтологии выделены четыре основные группы сущностей:

- **Оборудование:** устройства печати, сканеры, МФУ, сетевые узлы. Атрибуты включают тип, модель, серийный номер, сетевой адрес, технические характеристики.
- **Расходные материалы:** тонеры, картриджи, фотобарабаны, бумага. Здесь учитываются тип носителя, срок службы, дата установки и уровень израсходованности.
- **События жизненного цикла:** установка, запуск, техническое обслуживание, сбой, замена, утилизация. Каждое событие связано с конкретным устройством и пользователем.
- **Участники:** операторы, пользователи, системные администраторы, подрядные организации. Их роли определяют доступ к операциям в системе.

Такая структура позволяет выразить не только иерархические, но и контекстуальные связи. Например, событие *замена картриджа* связано одновременно с устройством, типом расходного материала, пользователем, и временной меткой. Это обеспечивает многомерное представление ситуации и позволяет формировать основанные на правилах выводы.

Онтология была реализована в инструменте Protégé с экспортом в формат OWL2. При проектировании использовалась структура классов верхнего уровня:

- PrintingDevice
- Consumable
- LifecycleEvent
- Actor

Для каждого класса определены свойства. Например, класс `PrintingDevice` имеет свойства `hasIPAddress`, `hasLocation`, `hasStatus`, а класс `LifecycleEvent` — `hasDate`, `isPerformedBy`, `isRelatedToDevice`.

Семантические связи реализованы через свойства типа `objectProperty`. Это позволяет формировать триплеты вида:

```
<event123> isRelatedToDevice <printer456>
<event123> hasDate «2025-03-14»
<event123> isPerformedBy <technician789>
```

Такие триплеты применимы для построения графов и использования в SPARQL-запросах для семантического поиска и анализа данных.

Сходные подходы применялись в зарубежных проектах по управлению печатной инфраструктурой. Например, в работе [6] предложена модель управления модульными принтерами, в которой события мониторинга и управления агрегируются на основе модульных компонентов. Это подтверждает применимость онтологических методов и в задачах оперативного управления оборудованием.

На рис. 1 приведен граф системы. Рассмотрим различные существующие взаимосвязи. Во-первых, элемент заказа связан с элементом инвентаризации и элементом индивидуального номера сотрудника. Заказанное количество картриджей может быть предоставлено только при наличии достаточного количества на складе. Во-вторых, элемент инвентаризации связан с элементом пополнения запасов. Когда происходит пополнение запасов, количество в наличии обновляется значением суммы пополнения. Таким образом, заказ является функцией пополнения. В-третьих, функция индивидуального номера сотрудника связана с функцией количества заказов. Таким образом, все предметы на рис. 1 связаны, по крайней мере, с одним другим предметом. Более того, по дугам можно «переходить» от одного предмета к другому.

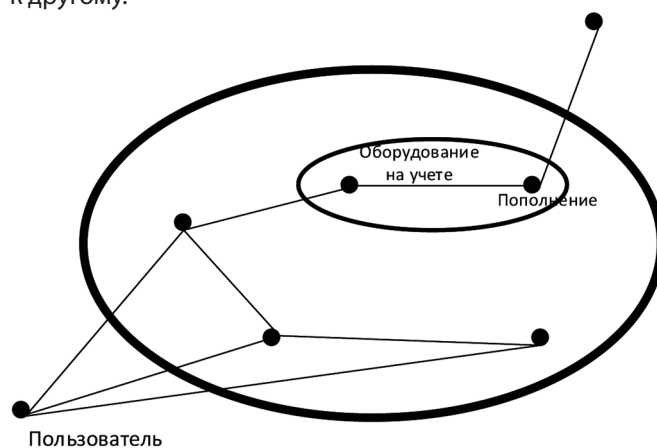


Рис. 1. Граф системы

Чтобы проиллюстрировать понятие системной декомпозиции, рассмотрим рис. 2. На рис. 1 система была разделена на две подсистемы: подсистему управления

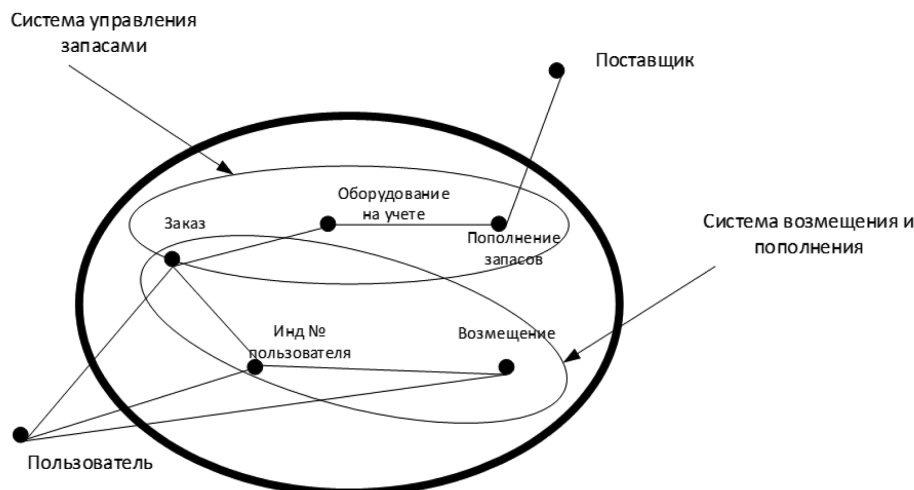


Рис. 2. Декомпозиция системы рис. 1

запасами и подсистему запросов. Несложно показать, что эти две подсистемы представляют собой декомпозицию, представленную на рис. 1. Концепция декомпозиции естественным образом приводит к понятию уровневой структуры над системой. Уровневая структура формализует идею о том, что наборы подсистем «вложены» в определенные системы, которые, в свою очередь, вложены в другие системы.

Предложенная онтологическая модель обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными способами моделирования:

- **Расширяемость:** возможно добавление новых классов и связей без переработки всей структуры.
- **Интероперабельность:** онтология может быть использована в качестве общего формата для интеграции с системами CMDB, Help Desk, ITSM.
- **Формализация знаний:** отражает как статические, так и динамические аспекты функционирования печатной инфраструктуры.
- **Поддержка интеллектуальных функций:** возможно построение сервисов предиктивного анализа, обнаружения аномалий, рекомендаций и др.

3. Применение онтологической модели в автоматизированных системах управления и мониторинга

Онтологическая модель, разработанная в статье, является универсальным инструментом для формализации знаний об инфраструктуре офисной печати и может

эффективно использоваться в составе автоматизированных информационных систем.

В условиях корпоративной эксплуатации печатной техники ключевым элементом ИТ-поддержки являются системы управления конфигурациями и активами (CMDB, ITAM), а также платформы сервис-деск. Онтология может служить базой для объединения разрозненных данных из этих систем в единую семантическую модель.

Также перспективным направлением является использование онтологии в составе цифровых двойников — моделей, отражающих текущее и прогнозируемое состояние каждого устройства в ИТ-среде. Такая концепция уже реализуется в промышленных системах управления данными [7].

Кроме того, возможно внедрение онтологии в образовательный процесс (например, при обучении ИТ-специалистов по курсам управления ИТ-услугами), а также в методические регламенты корпоративных ИТ-служб.

Показано, что онтология может быть эффективно интегрирована в корпоративные ИТ-среды, включая системы мониторинга, управления активами, сервис-деск и аналитические платформы. Она открывает возможности для построения интеллектуальных сервисов поддержки принятия решений, семантического поиска, прогнозирования технических событий и повышения прозрачности эксплуатации оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыбульская А.В., Гнутова А.А. Информационная инфраструктура предприятия издательского дела //XVI Королевские чтения: междунар. молодеж. науч. конф., посвящ. 60-летию полета в космос Ю.А. Гагарина: сб. материалов: 5–7 окт. 2021 г.: в 3 т. — 2021.
2. Vines R., Naismith L. Knowledge Management and Publishing Systems Infrastructure //Developing Knowledge Workers in the Printing and Publishing Industries. — 2002. — С. 59.
3. Балашова И.Ю. Онтологические модели в системе информатизации образования //Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2015. — №. 3 (15). — С. 120–127.
4. Мальцева С.В. Применение онтологических моделей для решения задач идентификации и мониторинга предметных областей //Бизнес-информатика. — 2008. — №. 3. — С. 18–24.
5. Негода В.Н. Сквозное проектирование автоматизированных систем на основе онтологий / В.Н. Негода, А.А. Куликова // Онтология проектирования. — 2021. — Т. 11, № 4. — С. 450–463.
6. Румл У., До М.Б., Чжоу Р., Фромгерц М.П. Дж. Онлайн-планирование и диспетчеризация: применение к управлению модульными принтерами [Электронный ресурс] — 2014. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1401.3875> (дата обращения: 06.05.2025).
7. Горшков С., Гребешков А., Шебалов Р. Платформа управления промышленными данными на основе онтологий [Электронный ресурс] — 2021. — Режим доступа:

© Самохин Максим Александрович (m.samokhin.it@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»