

А.А. Куприянов

## АСПЕКТЫ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

*Куприянов Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Ведущий научный сотрудник ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Специализируется в области методологии проектирования и разработки распределенных вычислительных систем. Имеет статьи в области проектирования и разработки локальных и корпоративных сетей, комплексов средств автоматизации, автоматизированных систем управления специального и общего назначения. [e-mail: aakupr1828@rambler.ru].*

### Аннотация

В статье исследуются различные аспекты интероперабельности автоматизированных (информационных) систем (АС), а также обмена данными.

Рассматриваются тенденции, связанные с обеспечением и перспективой интероперабельности АС при решении задач в интересах управления силами (войсками).

Представлено ранжирование степени интероперабельности систем, в общем случае, различных предметных областей. Представлена также оценка степени интероперабельности обмена данными.

Оценки степени интероперабельности систем и обмена данными могут быть использованы в качестве шкалы при планировании целей взаимодействия АС, реализации необходимых спецификаций и технических решений.

Ключевые слова: автоматизированная система, доступ к информации, интероперабельность, переносимость, платформа.

### Abstract

The article inquires into different aspects of interoperability of interacting computer-aided (information) systems as well as data exchange.

It deals with trends connected with ensuring of interoperability and perspective interoperability of interacting computer-aided systems during solution of tasks related to control of forces (troops).

The article also presents rating of interoperability degree of systems, in general, of different domains as well as evaluation of interoperability degree of data exchange.

The evaluation of interoperability degree for systems and data exchange can be used as a scale for planning of goals of computer-aided system interaction, implementation of required technical solutions and specifications.

Key words: computer-aided system, access to information, interoperability, portability, platform.

### Вводная часть

1 В случае формирования распределенной вычислительной среды, интеграции автоматизированных (информационных) систем предельным вариантом проведения интеграции систем является достижение ими «свободного общения», «взаимопонимания», т.е. интероперабельности систем. Кроме того, требованием к современным АС является обеспечение наращивания их возможностей за счет использования дополнительно разработанных, а лучше, существующих информационных ресурсов.

Информационными ресурсами являются разнообразные компьютеризованные представления данных и программ, накопленные в различ-

ных АС. В качестве примеров информационных ресурсов можно привести базы данных, файлы данных, пакеты программ, базы знаний, транзакции. Число, объем и ценность накопленных информационных ресурсов велики и продолжают стремительно расти. В процессе информатизации предметной области необходимо максимально использовать существующие информационные ресурсы. Основной проблемой повторного использования таких ресурсов является преобразование данных и/или программ, составляющих ресурсы, в информацию, необходимую для решения некоторой прикладной задачи человеком или другой программой.

Интероперабельность (англ. interoperability) — это способность системы к взаимодействию с

другими системами<sup>1</sup>. По-другому, под интероперабельностью автоматизированных (информационных) систем понимается их способность к совместному использованию, совместной деятельности при решении задач. Интероперабельность предполагает соблюдение определенных правил или привлечение дополнительных программных средств, обеспечивающих возможность взаимодействия модулей, подсистем или программных систем. Правила и средства – это своего рода стандарты, которым должны удовлетворять интегрируемые системы [1].

Технология интероперабельных систем основана на промежуточном слое согласованной информационной архитектуры (инфраструктуры) систем, определяющей способность совместного использования, совместной деятельности, интероперабельность «готовых» информационных компонентов (информационных ресурсов и приложений) для решения прикладных задач в распределенной вычислительной среде. Этот слой расположен над сетевой архитектурой, являющейся необходимой предпосылкой такой совместной деятельности компонентов, при которой обеспечивается их взаимосвязь.

Информационная архитектура систем базируется на концепции промежуточного слоя (Middleware), содержащего службы и средства поддержки глобального пространства объектов<sup>2</sup>, их жизненного цикла и интероперабельности [13]. Этот слой расположен между операционной системой (включая средства управления компьютерными сетями) и прикладными системами.

Информационная архитектура систем формируется на основе объектной технологии и принципов интероперабельности компонентов, развиваемых консорциумом Object Management Group (OMG) [2, 3, 5].

Целью OMG является создание согласованной информационной архитектуры, опирающейся на объектные технологии и доступные для интероперабельности спецификации интерфейсов информационных ресурсов. Эта архитектура должна обеспечивать повторное использование компонентов, их интероперабельность.

<sup>1</sup> Интероперабельность - способность к коммуникации, исполнению программ или передаче данных между различными функциональными блоками в строго определенных условиях [ГОСТ ИСО/МЭК 2382-1].

<sup>2</sup> Компонентами глобального пространства являются произвольные информационные ресурсы - программные компоненты, базы данных, базы знаний, файлы данных, в том числе содержащие мультимедийную информацию, компоненты существующих систем и др., - представляемые коллекциями объектов. Создание интероперабельных сред информационных ресурсов обеспечивает как динамическое образование композиций ресурсов, организуемых для решения задач (например, реализации проекта, поддержки групповой деятельности и т.д.), так и мегапрограммирование - программирование в среде готовых компонентов, позволяющее применять технологию повторного использования информационных ресурсов [2].

Информационная архитектура специально ориентирована на достижение целей разработки систем:

- обеспечение функционирования систем в условиях информационной и реализационной неоднородности, распределенности и автономности информационных ресурсов;
- интеграция систем;
- реинженерия систем;
- миграция унаследованных систем;
- повторное использование неоднородных информационных ресурсов;
- продление жизненного цикла систем [5].

Основные понятия и определения приведены далее в табличном виде.

Компонентами архитектуры Middleware являются: общая архитектура брокера объектных заявок (Common Object Request Broker Architecture – CORBA), архитектура объектных служб (Object Services) и объектных средств (Common Facilities). CORBA образует нижний слой архитектуры Middleware, обеспечивающий технологическую платформу интероперабельности. Семантика объектов на этом уровне не принимается во внимание. Технология брокера (посредника) объектных заявок (Object Request Broker – ORB), играющего роль «общей шины» в глобальном пространстве объектов, посредством которой объекты этого пространства могут взаимодействовать друг с другом, поддерживается продуктами ряда фирм для разных компьютерных платформ. Технология ORB обеспечивает интероперабельность прикладных систем, размещенных в компьютерах в неоднородной распределенной среде. Компонентом CORBA также является язык определения интерфейсов (IDL – Interface Definition Language)<sup>3</sup>.

Информационные ресурсы рассматриваются при конструировании систем независимо от программно-технических платформ их реализации и физического размещения в пространстве.

Инфраструктура систем специфицируется в соответствии с концепцией OSE (Open Systems Environment – окружение открытых систем). OSE – полный набор интерфейсов, услуг, форматов, а также пользовательских аспектов, обеспечивающих интероперабельность и/или переносимость приложений (программ), данных, людей в пределах соответствующих специфика-

<sup>3</sup> OMG IDL является средством, при помощи которого клиентам объекта-сервера сообщается о том, какие операции доступны на его интерфейсе и как их вызывать. Операция интерфейса обозначает сервис, который можно вызвать посредством этой операции. Операции имеют сигнатуру [ГОСТ Р ИСО/МЭК 10746-1], определяющую типы параметров вызова операции и возвращаемых результатов. Операции являются родовыми в том смысле, что операция с одной сигнатурой может быть вызвана у объектов, имеющих различную реализацию. Это приводит, возможно, к различному поведению объектов. Реализации объектов отделены от спецификаций интерфейсов в IDL. Это означает, что для каждого объекта можно выбрать его собственную реализацию, поддерживаемую тем же интерфейсом.

<p>Объект (Object)</p>	<p>Комбинация состояния и множества методов, которая воплощает абстракцию, характеризующуюся определенным поведением для допустимых заявок. Объект имеет тип (типы) и является экземпляром класса (классов). Объект моделирует некоторую сущность реального мира, инкапсулирует реализацию (состояние и операции, внутренне реализуемые как данные и методы) и отвечает на заявки, требующие обслуживания. Методы могут быть собственностью одного или нескольких объектов. Заявки могут направляться одному или нескольким объектам. Данные состояния могут быть собственностью одного или нескольких объектов. Данные состояния и методы могут располагаться в одном или разных местах.</p>
<p>Промежуточный слой (Middleware)</p>	<p>Слой программного обеспечения, расположенный между операционной системой и средствами управления компьютерными сетями снизу и прикладными системами сверху. В рамках объектной парадигмы и идеи интероперабельности в промежуточном слое вводится объектная модель - ядро, унифицированный язык спецификации интерфейсов объектов, универсальный механизм поддержки интероперабельности объектов, позволяющая создавать глобальные объектные пространства. Для формирования информационной архитектуры вводится расширяемый набор унифицированных служб, которые используются как при конструировании прикладных систем, так и для формирования функционально законченных объектных средств промежуточного слоя, предлагающих конкретные виды услуг. Существенно, что и службы, и средства представляются однородно своими объектными интерфейсами, что позволяет обеспечить их интероперабельность.</p>
<p>Функционирование систем в условиях информационной и реализационной неоднородности, распределенности и автономности информационных ресурсов системы</p>	<p>Информационная неоднородность ресурсов заключается в разнообразии их прикладных контекстов (используемых онтологических средств - понятий, словарей; отображаемых реальных объектов, составляющих «поверхность соприкосновения» различных реальных миров и их (объектов) абстракций в информационных системах; семантических правил, определяющих адекватность совокупностей моделируемых объектов реальности; моделируемых деятельностей; видов данных, способов их сбора и обработки; интерфейсов пользователей).</p> <p>Реализационная неоднородность источников проявляется в использовании разнообразных компьютерных платформ, средств управления базами данных, моделей данных и знаний, средств программирования, операционных систем.</p>
<p>Интеграция систем</p>	<p>Системы эволюционируют от простых автономных подсистем к более сложным интегрированным системам, основанным на интероперабельном взаимодействии компонентов.</p>
<p>Реинженерия систем</p>	<p>Эволюция деловых процессов - это непрерывный процесс, который является неотъемлемой составляющей деятельности организаций. Соответственно, создание системы и ее реконструкция (реинженерия) - непрерывный процесс формирования, уточнения требований и конструирования. Реконструкция систем осуществляется постепенно. Система должна быть сконструирована так, чтобы произвольные ее составляющие могли быть реконструированы при сохранении целостности системы.</p>
<p>Миграция унаследованных систем</p>	<p>Любая система после создания противодействует изменениям и имеет тенденцию превращения в бремя организации (legacy systems - унаследованные системы, использующие «уставшие» технологии, архитектуры, платформы, а также программное и информационное обеспечение, при проектировании которых не были предусмотрены меры для их пошаговой миграции в новые системы, соответствующие новым требованиям деловых процессов и технологий). В процессе миграции необходимо, чтобы мигрировавшие составляющие системы и оставшиеся компоненты унаследованных систем сохраняли интероперабельность.</p>
<p>Повторное использование неоднородных информационных ресурсов</p>	<p>Технология разработки систем должна позволять применять технологию повторного использования информационных ресурсов, переходя от технологии программирования, основанной на интенсивном индивидуальном труде по созданию вручную изделий, удовлетворяющих специфическим требованиям одного конкретного применения, к технологии, основанной на планируемых капиталовложениях в разработку повторно используемых компонентов, которые могут быть «соединены» (т.е. образованы их интероперабельные сообщества) для производства серии унифицированных продуктов в определенной прикладной области.</p>
<p>Продление жизненного цикла систем</p>	<p>В условиях быстрого технологического развития компьютерных и информационных технологий требуются специальные меры, обеспечивающие необходимую продолжительность жизненного цикла систем.</p>

ций базовых стандартов и профилей информационных технологий.

2 Развитие средств электронных коммуникаций и вычислительных сетей обеспечивает возможности и создает предпосылки для многоплановой интеграции в масштабах предприятий и организаций. С развитием предприятий и организаций возникает необходимость объединения их бизнес-процессов и интеграции их автоматизированных (информационных) систем.

Как правило, расширение области охвата АС приводит к ее перепроектированию. Повторно используются лишь знания экспертов предметной области.

Выводом является то, что задача эволюционирования и интеграции АС актуальна как в рамках организации или предприятия, так и в глобальном масштабе.

В качестве подхода, который позволил бы решить как проблемы создания больших АС, так и проблемы интеграции систем, используется методология создания интероперабельных систем. При использовании этого подхода необходимо обеспечить однозначность отображения сущностей систем и отношений между ними, т.е. интероперабельность компонентов АС. В общем случае различают интероперабельность систем: структурную и семантическую.

Интероперабельность систем на структурном уровне означает способность к структурному согласованию их сущностей. Данный аспект связан с обеспечением единого понимания структур данных взаимодействующими АС. Семантическая интероперабельность характеризуется способностью к поведенческому согласованию. Эта сторона интероперабельности требует использования онтологического подхода и метаданных, разработанных на его основе.

Таким образом, для успешной интеграции АС необходимо описать модели структур этих систем и правила их взаимодействия для дальнейшего их использования.

3 При разработке взаимодействующих АС необходимо придерживаться следующих положений:

- способность систем функционировать в усло-

виях информационной неоднородности;

- иерархичность систем, возможность объединения сетей и их интероперабельность (в том числе, соблюдение общепринятых правил или привлечение дополнительных средств, обеспечивающих возможность взаимодействия, независимо от разработанных компонентов или завершенных функциональных систем (подсистем));

- возможность непрерывной модернизации.

Также с развитием инфраструктуры, ростом скорости передачи информации в сетях возрастает роль распределенной обработки данных. Это способствует повышению эффективности использования вычислительных, информационных, интеллектуальных ресурсов систем.

Сущность распределенной обработки данных заключается в том, что пользователь получает возможность работать с сетевыми службами и прикладными процессами, расположенными в нескольких взаимосвязанных системах.

Обеспечение интероперабельности распределенных систем связано с формированием интероперабельной среды, включающей информационные ресурсы, приложения, сервисы, программное обеспечение промежуточного слоя «Middleware», сетевую инфраструктуру.

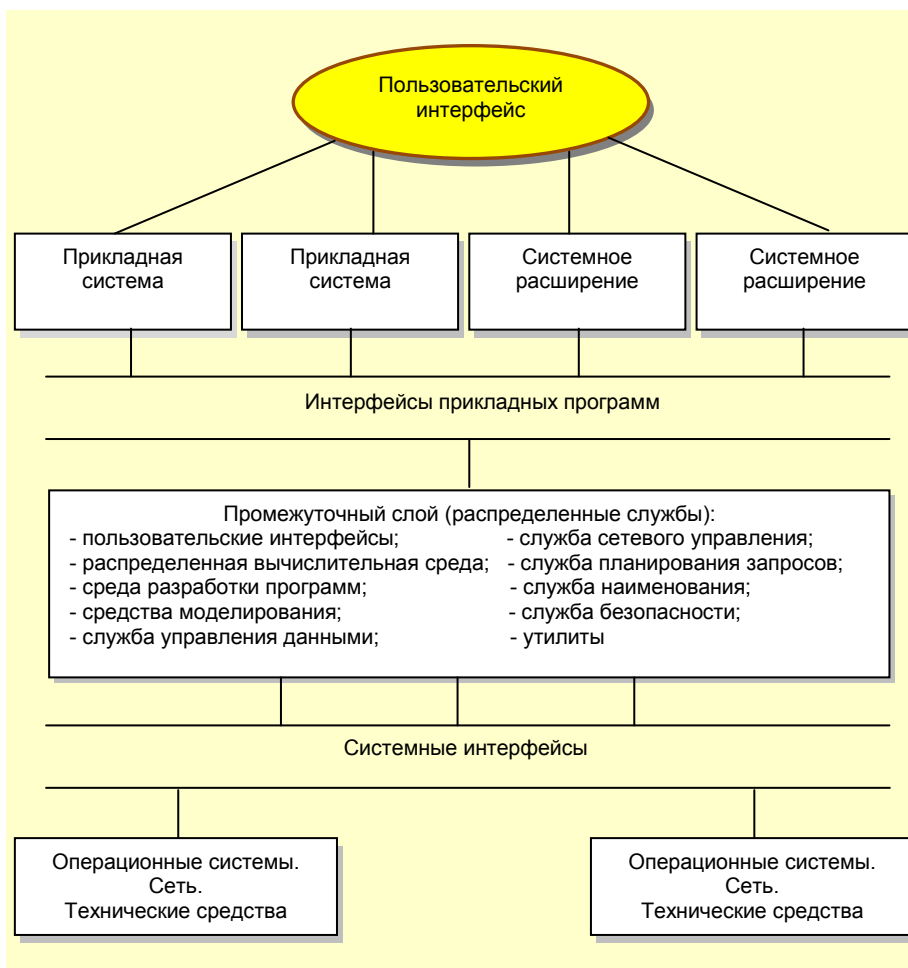


Рис. 1. Информационная архитектура систем

## ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

1 Выше было отмечено, что основу информационной архитектуры систем составляет «Middleware» – сосредоточение родовых служб в специальном слое архитектуры [1] (рис. 1).

К промежуточному слою относятся средства управления и доступа к данным, средства разработки программ, средства управления распределенными вычислениями (включая поддержку необходимых протоколов взаимодействия), средства поддержки пользовательского интерфейса. Такие инфраструктуры использовались как отдельными компаниями (IBM), так и в международных проектах (UNIX – ориентированная интеграционная среда) [4].

Консорциумом OMG технически интероперабельность компонентов (представляемых объектами) решена введением базовой объектной модели, унифицированного языка спецификации интерфейсов объектов, отделением реализации компонентов от спецификации их интерфейсов, введением общего механизма поддержки интероперабельности объектов (брокера объектных заявок, играющего роль «общей шины», поддерживающей взаимодействие объектов). Тем самым достигается однородность представления компонентов и их взаимодействия. Далее, для формирования информационной архитектуры вводится слой унифицированных (ортогональных) служб, которые используются как при конструировании прикладных систем, так и для формирования функционально законченных средств промежуточного слоя, предлагающих услуги взаимодействия. Существенно, что и службы, и средства представляются однородно своими объектными интерфейсами, что позволяет обеспечить их интероперабельность посредством брокера объектных заявок.

2 Различают техническую, синтаксическую и семантическую интероперабельность автоматизированных (информационных) систем, которым соответствуют транспортная среда, формат сообщений и смысл данных [5].

Технически интероперабельность означает возможность компонентов (объектов) обмениваться заявками так, что принимающий заявку объект может ее обработать и вернуть результат, который может интерпретировать объект, пославший заявку. Объекты интероперабельны, если методы одного объекта запрашивают сервисы другого. Интероперабельность обеспечивает возможность создания систем из неоднородных, распределенных компонентов на основе однородно специфицированных интерфейсов. В системе компоненты взаимодействуют между собой при решении прикладной задачи посредством обмена заявками.

Термин семантической интероперабельности появился после того, как XML стал де-факто стандартом представления данных при обмене,

что дало возможность гарантировать синтаксическую интероперабельность в Web и рассмотреть более сложные проблемы идентификации семантики, смысла данных, кроме просто их структуры.

СЕМАНТИЧЕСКАЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМ.  
Подход Консорциума W3C

Рассмотрим особенности семантической интероперабельности систем через понятия семантической сети, которая разрабатывается Консорциумом W3C (World Wide Web) [6].

Идентификация используемых понятий в системах и согласованность их как части целого во имя достижения общей цели достигается на основе онтологии.

Несмотря на абстрактное содержание онтологии, ее ценность заключается в том, что она упрощает проведение анализа слабоструктурированных задач, где с трудом отыскивается подходящая схема организации знаний. Например, онтология включает онтологию предметной области системы управления силами (войсками); онтологию решаемой задачи – интеллектуальные системы поддержки принятия решений; онтологию приложения – интеллектуальная система поддержки принятия решения по разрешению критической ситуации.

Для обеспечения семантической интероперабельности компонентов в прототипе системы используется формальная модель онтологии:

$$M = \langle C, K, \Phi, A \rangle,$$

где  $C$  – множество понятий предметной области;

$K$  – множество отношений между понятиями;

$\Phi$  – механизм интерпретации понятий и отношений онтологии;

$A$  – используемые аксиомы.

Модель позволяет описать отношения между объектами (понятиями) и осуществить интерпретацию для каждого случая. В БД хранятся концепции онтологии различных сценариев из предметной области критических ситуаций и их взаимосвязь. Прикладная онтология является основой для организации семантической интероперабельности компонентов комплекса моделирования.

Семантическая модель, основанная на формализованном представлении предметной области, позволяет автоматизировать формирование моделей принятия решений. Реализация прикладной онтологии и интегрированных решений позволяет осуществить создание открытой информационной системы, способной приобретать новые знания и изменять свою структуру и функции, развиваясь и адаптируясь к изменениям во внешней среде [7].

Сформулирована идея Semantic Web – семантического расширения Сети, благодаря которому содержащиеся в ней сведения можно бу-

дет представлять не только в виде совокупности слов как буквосочетаний, но и оперируя их существом, значением и смыслом. Концепция консорциума W3C проста: она состоит в том, чтобы сделать шаг в направлении интеллектуализации Web-систем и создания общей универсально-языковой структуры, в которой каждой «человеческой» единице информации сопутствовала бы соответствующая машинная единица информации — отдельный смысловой тег<sup>4</sup>.

Таким образом, «До сегодняшнего дня всемирная компьютерная сеть развивалась как носитель документов, используемых людьми, а не как хранилище информации, допускающей ее автоматизированную обработку. Снабдив Web-страницы компьютерно-ориентированными данными, а также создав документы, доступные для машинного исследования, мы тем самым превратим сеть в семантическую. В результате компьютеры смогут «понимать» смысл содержащихся в ней данных, следуя гиперссылкам, ведущим к определениям ключевых терминов и правилам логических рассуждений о них. Выстроенная инфраструктура станет отправной точкой для разработки поисковых программ-агентов и других Web-служб электронной обработки контента».

Определение W3C: Semantic Web представляет собой систему расширения существующей глобальной сети, с помощью которой информация представляется в четком и определенном смысловом значении, дающем возможность людям и компьютерам работать с более высокой степенью взаимопонимания и согласованности<sup>5</sup>.

Условия представления информации в Semantic Web:

- универсальные выразительные возможности. Поскольку нельзя учесть интересы всех пользователей, формат обмена на базе Web должен позволять представлять любой вид данных;

- синтаксическая интероперабельность. Программы должны иметь возможность читать данные и получать представления, с которыми они могут работать. Уровень синтаксической интероперабельности в достаточной мере высок, когда можно получить синтаксический анализатор и интерфейсы прикладных программ (API), необходимые для манипулирования данными;

- семантическая интероперабельность. Одно из важных требований к формату обмена состоит в том, что данные должны быть понятными. Если синтаксическая интероперабельность неразрывна с синтаксическим разбором данных, то семантическая связана с установлением соответствия между терминами, используемыми в

данных, что требует анализа содержимого.

Образцом инструментария, предназначенного для работы в семантической сети, является язык XML.

Другой основой Semantic Web считается методологическая модель (технология описания ресурсов) — Resource Description Framework (RDF), назначение которой состоит в описании отношений между сетевыми ресурсами. Принцип построения этих отношений в спецификации RDF упрощен.

Основополагающим для RDF является понятие модели данных. В основе модели данных — утверждения. Каждое утверждение представляет собой тройку: ресурс, именованное свойство и его значение, сочетание которых напоминает грамматическую схему «подлежащее — сказуемое — дополнение». В терминологии RDF эти три части утверждения называются соответственно: субъект, предикат и объект. Ресурсом является все, что описывается средствами RDF, например, отдельная таблица.

Таким образом, перечень технологий семантической сети включает:

- XML — язык, позволяющий описать синтаксическую составляющую структурированных документов. Но язык не имеет средств для отображения семантики документа;

- XML Schema — язык, определяющий структуру XML документа, а также расширяющий XML типами данных;

- RDF — модель данных, основанную на описании объектов («ресурсов») и отношений между ними. Данная модель данных может быть представлена с помощью синтаксиса XML;

- RDF Schema — словарь, описывающий свойства и классы RDF-ресурсов. RDF Schema несет в себе семантическую составляющую, с помощью которой строится иерархия классов;

- OWL (Web Ontology Language) добавляет дополнительные средства для описания классов и свойств: отношение между классами (например, непересекаемость), мощность, эквивалентность, разнообразные типы свойств, характеристики свойств, enumerated classes (перечисленные классы)<sup>6</sup>.

Применение данных технологий, а также онтологий, позволяет оперировать информацией как знаниями. Знания, записанные в формальной форме, могут использоваться в процессе создания ИС (повторное совместное использование знаний), в процессе ее эксплуатации и сопровождения (например, описание реакции на критические сбои в каком-либо компоненте ИС, методы восстановления после сбоя, предупреждение сбоя).

Интероперабельность — неотъемлемое и обязательное свойство семантической сети, а

4 Источник — W3C Semantic Web News and Events — www.w3.org.

5 Источники: «OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax» (W3C Recommendations, February 10, 2004); «Resource Description Framework - механизм описания ресурсов в Semantic Web» (П. Михеев. — М.: «Optim.ru». — серия «Технология Клиент-Сервер», 2003).

6 Главная функция OWL состоит в формулировке межпонятийных взаимосвязей, посредством которых определяется соответствие хранящихся в сети RDF описаний пользовательским запросам.

потому среди аспектов ее продвижения значится и размещение имеющихся онтологий для доступа в Интернет, и стандартизация апробированных онтологий, и соотнесение понятий разных онтологий посредством языка OWL, и формирование общепотребимой терминологии запросов, адресуемых RDF-хранилищам.

#### Уровни интероперабельности информационных систем (LISI)

Министерство обороны (МО) США и его компонентные организации устанавливают вознаграждение за возможность доступа, манипулирования и обмена информацией между раздельными системами. Качество, которое описывает как информационные системы могут обмениваться информацией и сервисами, называется интероперабельностью.

Назначение LISI (Level Interoperability System Information) — обеспечить МО соответствующей моделью зрелости и процессом для определения общих возможностей интероперабельности, оценки способности информационных систем соответствовать таким потребностям, а также для выбора прагматических решений и пути перехода для достижения более высоких состояний возможности и интероперабельности. LISI — это процесс определения, измерения и оценки интероперабельности информационных систем. LISI использует общие рамки и показатели результативности.

LISI организуется по уровням зрелости, которые представляют более сложные пользовательские возможности и соответствующие вычислительные среды, которые их поддерживают

(рис. 2). В рамках каждого такого уровня зрелости многие дополнительные факторы воздействуют на способность информационных систем взаимодействовать.

LISI классифицирует такие факторы по четырем ключевым атрибутам: процедуры, приложения, инфраструктуры и данные. Такие атрибуты широки и достаточны для определения, чтобы можно было включать полный перечень вопросов по интероперабельности.

LISI отражает возрастающие уровни сложности, касающиеся способности систем обмениваться информацией друг с другом. В этом отношении LISI сконцентрированы на системах и технических вопросах. LISI не определяет каждый уровень в показателях, которые служат для характеристики природы информационных линий, охваченных в операционном представлении архитектуры, не отражает «операционной» интероперабельности исходя из уровней взаимодействия объединенных сил<sup>7</sup>.

#### Степень интероперабельности систем СЗ по классификации НАТО

Для оценки уровня (степени) интероперабельности систем, в том числе систем СЗ, применяются разные опубликованные модели. Известны классификация НАТО и DoD Technical Reference Model (TRM) (Федеральная техническая спра-

<sup>7</sup> См. работу, проводимую архитектором по обеспечению национальной безопасности космического пространства и «Начальный отчет по управлению информацией по заданию» (Mission Information Management Report, National Security Space Architect, 1999), который отражает информационную интероперабельность.

Информационный обмен	Уровень	Вычислительная среда
<b>Распределенные глобальные информация и приложения.</b> <b>Продвинутое сотрудничество.</b> <b>Параллельные взаимодействия / комплексные данные.</b> Например, модернизация общей (глобальной) базы данных на основе событий.	<b>4 — предприятия.</b> Интерактивное манипулирование. Совместно используемые данные и приложения.	Глобальное информационное пространство.
<b>Совместно используемые БД.</b> <b>Сложное сотрудничество.</b> Например, общая операционная картина.	<b>3 — области.</b> Совместно используемые данные, «отдельные» приложения.	Экраны коллективного пользования. Совместно используемые данные, «отдельные» приложения.
<b>Обмен гетерогенными продуктами.</b> <b>Групповое сотрудничество.</b> Например, обмен аннотированным изображением.	<b>2 — функциональный.</b> Минимальные общие функции. «Отдельные» данные и приложения.	Взаимодействие по протоколу HTTP.
<b>Обмен гомогенными продуктами.</b> Например, каналы передачи тактических данных, передача текстовых файлов, а также сообщений e-mail.	<b>1 — связанный.</b> Электронное соединение. «Отдельные» данные и приложения.	Telnet, FTP, e-mail.
<b>Ручной шлюз.</b> Например, дискеты, обмен твердыми копиями.	<b>0 — изолированный.</b> Несвязанный.	Взаимодействие осуществляет человек.

Рис. 2. Уровни сложности интероперабельности (LISI)

Степени интероперабельности систем СЗ НАТО

Степень интероперабельности систем СЗ	Характеристика степени интероперабельности систем СЗ
Степень 4. Интероперабельность предприятия в универсальной среде.	Ключевая характеристика степени 4 — это высокоуровневое представление, которое включает модели и процедуры данных предприятия, в которых данные «бесшовно» совместно используются приложениями, которые работают вместе в (предметных) областях в универсальной среде доступа.
Степень 3. Интероперабельность области в интегрированной среде.	Ключевая характеристика степени 3 — это представление области, которое включает модели и процедуры данных (предметной) области, в которых данные совместно используются независимыми приложениями, которые могут работать вместе интегрированным образом.
Степень 2. Функциональная интероперабельность в распределенной среде.	Ключевая характеристика степени 2 — это способность независимых приложений обмениваться компонентами независимых данных и использовать их прямым или распределенным образом между системами.
Степень 1. Связанная интероперабельность в одноранговой среде.	Ключевая характеристика степени 1 — это физическая связность, обеспечивающая прямое взаимодействие между системами.
Степень 0. Изолированная интероперабельность в ручной среде.	Ключевая характеристика степени 0 — это вмешательство человека для обеспечения интероперабельности, когда системы изолированы друг от друга.

вочная модель и МО США) [8]<sup>8</sup>.

Например, в TRM интероперабельность определяется в «Словаре сопряжения и данных систем С4ISR-имитация» как «способность совокупности моделей и имитаций предоставлять сервисы другим моделям или имитациям и принимать сервисы от других моделей или имитаций, использовать сервисы, которыми обмениваются для обеспечения эффективности их совместной работы». Тем не менее, такое определение интероперабельности не определяет уровни интероперабельности, которые могут быть необходимы для различных систем и имитаций в целях обеспечения эффективности их взаимодействия.

Полная интероперабельность может определяться как:

- уровень точности в имитациях, который полностью представляет имитируемый реальный мир;

- интерфейсы имитаций и системы, которые не позволяют «игрокам» проводить различия между реальными и имитируемыми событиями.

Имитации проводятся на различных уровнях точности, и интероперабельность означает различные вещи в зависимости от целей имитации. Тем не менее, понимание того, каким образом может достигаться полная интероперабельность, может быть первым этапом на пути к пониманию того, что необходимо для достижения целей интероперабельности имитации на любом уровне.

8 Документ содержит общее представление TRM. Техническая справочная модель определяется в «Словаре сопряжения и данных систем С4ISR-имитация» как «концептуальная рамочная структура, которая обеспечивает следующее: непротиворечивую совокупность категорий и взаимосвязь сервиса и интерфейса, применяемых для отражения интероперабельности и вопросов открытых систем; сущности, которые устанавливают общий словарь в целях лучшего описания и сравнения систем и компонентов; основу (средство) для идентификации, сравнения и выбора существующих и возникающих стандартов и их взаимосвязи».

Одна из функций TRM состоит в классификации уровней интероперабельности и в определении подхода, с помощью которого будет поддерживаться соответствующий и необходимый уровень интероперабельности между системами и имитациями.

Похожее определение интероперабельности по классификации НАТО — это «способность систем, подразделений или сил предлагать сервисы для других систем, подразделений или сил и принимать сервисы от них, а также использовать сервисы, обмен которыми происходит таким образом, чтобы была возможность эффективного совместного функционирования»<sup>9</sup>.

Степень (уровень) интероперабельности предназначена для классификации того, как структурирование данных и автоматизация обмена и интерпретации данных может усилить операционную эффективность систем, подразделений или сил.

НАТО определяет пять степеней интероперабельности систем СЗ (от степени 0 до степени 4)

9 Сервис (Web-сервис) - это программная система, сконструированная для поддержки интероперабельного межмашинного взаимодействия через сеть. Она имеет интерфейс, описанный в некотором машинно-обрабатываемом формате (в частности, WSDL). Другие системы взаимодействуют с Web-сервисом способом, предписанным его описанием, используя SOAP-сообщения, транспортировка которых выполняется с помощью протокола HTTP с XML-сериализацией в сочетании с другими, связанными с Web-стандартами [7].

Web-сервис рассматривается как некоторая абстракция, которая должна быть реализована конкретным агентом. Агент - это конкретная сущность (блок программного обеспечения), которая посылает и принимает сообщения, в то время как сервис - это абстрактный комплект предоставляемой функциональности.

Архитектура Web-сервисов является архитектурой интероперабельности в том смысле, что она идентифицирует те глобальные элементы глобальной сети Web-сервисов, которые необходимы, чтобы гарантировать интероперабельность Web-сервисов.



Степени интероперабельности обмена данными

Степень интероперабельности обмена данными	Характеристика степени интероперабельности обмена данными
Степень 4 НАТО. «Бесшовный» обмен информацией.	Предполагает расширение степени 3 для универсальной интерпретации информации посредством обработки данных на основе взаимодействующих приложений.
Степень 3 НАТО. «Бесшовный» обмен данными.	Затрагивает автоматизированный обмен данными между системами на основе общей модели данных.
Степень 2 НАТО. Обмен структурированными данными.	Затрагивает обмен структурированными данными, интерпретируемыми человеком, предназначенными для ручной и/или автоматизированной обработки, но требующими ручного компилирования, приема и/или диспетчирования сообщений.
Степень 1 НАТО. Обмен неструктурированными данными.	Затрагивает обмен неструктурированными данными, интерпретируемыми человеком, такими как независимый текст, обнаруженный в операционных сметах, анализе и прочих документах.

и четыре степени интероперабельности обмена данными (от степени 1 до степени 4)<sup>10</sup>.

НАТО определяет интероперабельность систем СЗ в Директиве интероперабельности систем СЗ НАТО [10]. Степень интероперабельности систем СЗ, обязательная в НАТО, приведена в таблице 1.

В «Технической архитектуре СЗ НАТО» [11] НАТО также определяет четыре степени интероперабельности обмена данными, которые приведены в таблице 2.

Так как определение степени интероперабельности обмена данными направлено на поддержку выбора стандартов обмена данными, НАТО конкретизировало все степени интероперабельности по функционально ориентированным субстепеням, которые идентифицируют специфические сервисы интероперабельности. Например, степень 1 имеет три субстепени:

- сетевая связность;
- обмен базовыми документами;
- обмен базовыми информационными сообщениями.

Субстепени интероперабельности обмена данными определяются в томе 2 «Технической архитектуры СЗ НАТО» [12].

#### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНТЕРАПЕРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Взаимодействие интероперабельных систем с учетом [9] может осуществляться различным образом, например:

- передача файла. Одно приложение сохраняет файл, другое считывает его. Приложения должны согласовать имя файла, его расположение, формат, время записи-считывания, а также процедуру удаления;
- удаленный вызов процедуры. Приложение

<sup>10</sup> Системы C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance - командование, управление, коммуникации, вычислительные системы, разведка, надзор и рекогносцировка).

Системы C4I + EW (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence + Electronic Warfare - командование, управление, коммуникации, вычислительные системы, разведка + электронная война).

предоставляет доступ к части своей функциональности посредством удаленного вызова процедуры;

- обмен сообщениями. Приложение размещает сообщение в общем канале, которое затем считывается другим приложением. Приложения (точнее, пользователи) должны согласовать канал, а также формат сообщения.

Сообщение представляет собой некоторую структуру данных – байтовый массив, запись или объект. Сообщение может быть интерпретировано непосредственно как содержащиеся в нем данные, как команда, которую необходимо выполнить получателю, или как описание события, произошедшего на стороне отправителя. Сообщение состоит из двух частей – заголовка и тела. Заголовок сообщения содержит метаданные (кто отправил сообщение, куда следует его передать и др.), которые используются системой обмена данными (сообщениями) и игнорируются получателем сообщения. Тело сообщения содержит полезную информацию, которая, в свою очередь, игнорируется системой обмена сообщениями.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интероперабельность автоматизированных (информационных) систем определяет возможности определения и совместного использования (разделения) данных и услуг в пределах различных систем и поставщиков.

Вопросы интероперабельности и сквозной интеграции автоматизированных информационных систем привели к возникновению концепции GIG (Global Information Grid – Глобальная информационная сетка)<sup>11</sup>.

Оценки, описывающие и категоризирующие степени интероперабельности взаимодействующих автоматизированных систем и обмена данными, характеризуют уровни возрастающей сложности и возможностей систем. Каждая сте-

<sup>11</sup> GIG Gapstone Requirements Document, JROCM 1314, 2001.

пень интероперабельности отражает аспекты взаимодействия автоматизированных систем.

Преимущества, получаемые в результате использования и координации оценки степени интероперабельности автоматизированных систем и обмена данными, будут способствовать следующему:

- различные реализации взаимодействующих АС, их используемых информационных ресурсов, информационных (информационно-коммуникационных) технологий будут хорошо скоординированы, будут интероперабельными;
- развитие систем будет поддерживать переносимость приложений в платформах, в общем случае, различных типов;
- операционные и системные архитектурные взаимосвязи АС, информационных технологий будут достаточно структурированы и позволят получить интероперабельный доступ к информации, когда это необходимо.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюхов Д.О., Задорожный В.И., Калиниченко Л.А., Курошев М.Ю., Шумилов С.С. Интероперабельные информационные системы: архитектуры и технологии. Режим доступа: <http://synthesis.ipi.ac.ru/synthesis/publications/interoptech/html>.
2. Калиниченко Л.А., Когаловский М.Р. Стандарты OMG: Язык определения интерфейсов IDL в архитектуре CORBA. Режим доступа: <http://www.osp.ru/dbms/1996/02/115.pdf>.
3. Бездушный А.А., Бездушный А.Н., Серебряков В.А. Схемы метаданных ЕНИП: практика применения OWL в ЕНИП. Режим доступа: [http://www.benran.ru/Magazin/cgi-bin/Sb\\_05/pr\\_05.exe?17](http://www.benran.ru/Magazin/cgi-bin/Sb_05/pr_05.exe?17).
4. Маслов С.Г. Словарь терминов. Режим доступа: <http://ulm.udsu.ru/~msh/thesauri/terms.htm>.
5. Калиниченко Л.А. Архитектуры и технологии разработки интероперабельных систем. Режим доступа: <http://www.citforum.ru/programming/prg96/75.shtml>.
6. Базаров Р. Смышленная паутина. Режим доступа: <http://www.cio-world.ru/offline/2005/35/38000/>.
7. Web-services architecture W3C working draft 8 august 2003 (архитектура Web-сервисов, рабочий проект консорциума W3C, 8 августа 2003 г.). Режим доступа: <http://www.w3.org/tr/ws-arch/>.
8. Федеральная техническая справочная модель и МО США. DoD Technical Reference Model. Режим доступа: Website: <http://www-trm.itsi.disa.mil>.
9. Хоп Грегор, Вульф Бобби. Шаблоны интеграции корпоративных приложений: Пер. с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. — 672 с.
10. NATO C3 Board (NC3B) / Interoperability Subcommittee (ISC), NATO C3 Systems Interoperability Directive (NID), draft. May 19, 2003 (НАТО. Совет по С3/Субкомитет по интероперабельности систем С3 НАТО. Проект. 19 мая 2003).
11. Allied Data Publication 34. NATO C3 Technical Architecture. Volume 4: NC3 Common Standards Profile (NCSP), Version 4.0. March 7, 2003. p. 2 (Союзнические публикации данных 34. Техническая архитектура С3 НАТО. Том 4: Профиль общих стандартов NC3 (NCSP). — Версия 4.0. — 7 марта 2003. — С. 2).
12. Allied Data Publication 34. NATO C3 Technical Architecture. Volume 2: Architectural Descriptions and Models, Version 4.0. March 7, 2003. pp. 35–38 (Союзнические публикации данных 34. Техническая архитектура С3 НАТО. Том 2: Технические описания и модели. — Версия 4.0. — 7 марта 2003. — С. 35–38).
13. Ладыженский Г. Middleware: модель сервисов распределенных систем. Режим доступа: <http://Jet Infosystems>.