

УДК 005.5

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.  
НОВЫЕ ЗАДАЧИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ.****Герасимов А.В.**, МГТУ МИРЭА, E-mail: a\_gerasimov@mirea.ru, Москва, Россия.

**Аннотация:** Сформулировано ключевое ограничение сферы применения существующих методов моделирования систем реального времени. Систематизирован характер трансформации глобальной экономической системы. Предложена универсальная модель, являющаяся целевой для данной трансформации. Введено понятие облачной экосистемы. Обоснована возможность и необходимость определения ее характеристик методами моделирования систем реального времени.

**Ключевые слова:** моделирование, распределенная система, система реального времени, HLA, облачные вычисления, BPaaS, SaaS, облачная экосистема, глобальная экономика.

**DISTRIBUTED REAL-TIME SYSTEMS MODELLING.  
NEW GOALS AND SPHERES OF APPLICATION.****Gerasimov A.V.**, MSTU MIREA, E-mail: a\_gerasimov@mirea.ru, Moscow, Russia

**Abstract.** Key limitation for spheres of application of real-time systems and distributed systems modelling are described. The character of ongoing transformation of global economy is systemized. The universal model objective for the transformation is introduced. The concept of a cloud ecosystem is introduced. The possibility and necessity of cloud ecosystem key characteristics definition by means of real-time distributed systems modelling is justified.

**Keywords.** Modelling, distributed system, real-time system, HLA, cloud computing, BPaaS, SaaS, cloud ecosystem, global economy.

**1. Моделирование сложных социально-экономических систем: разнообразие подходов и фундаментальные ограничения.**

Современная социально-экономическая активность человечества, характеризующаяся высоким динамизмом, глобальностью происходящих процессов и тесной их взаимозависимостью, порождает значительную потребность в ее имитационном моделировании с целью определения ключевых характеристик и прогнозирования динамики их изменения.

В числе прочих для этих целей применяются имитационные модели распределенных систем и систем реального времени, изначально созданные для моделирования информационно-коммуникационных систем. Методология стандартизирована институтом инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) – это семейство стандартов 1516-2010, описывающих универсальную высокоуровневую архитектуру (High Level Architecture) имитационной модели системы реального времени [1].

Несмотря на многообразие подходов, методов и моделей, используемых для моделирования социально-экономических процессов и систем, практические результаты их использования весьма скромны ввиду очевидных фундаментальных ограничений. Имеются ввиду порождаемые человеческим фактором значительные и слабо предсказуемые изменения ключевых характеристик элементов моделируемых систем и логики их взаимодействия, либо вообще невозможность их определения (формализации) [2]. Хотя разработаны и применяются вероятностные методы, позволяющие снизить до определенной степени негативное влияние факторов неопределенности [3, 4], но и они, как правило, дают лишь ограниченный эффект ввиду низкой достоверности и неполноты исходной статистической информации. Особую сложность представляет собой моделирование сферы услуг [5], составляющей в денежном выражении около 80% глобальной экономической активности [6], где, в отличие от промышленности, преобладает ручной труд.

В этой связи необходимо отметить, что степень достоверности результатов моделирования находится в прямой зависимости от степени формализации и автоматизации основных процессов моделируемых систем. Чем выше этот уровень, тем меньше влияние человеческого фактора в рассматриваемой системе и тем стабильнее характеристики ее элементов и логика их взаимодействия, и, как следствие, тем выше точность (адекватность) моделирования. Для системы, работающей в автоматическом режиме, т.е. вообще без влияния человеческого фактора, результаты моделирования могут полностью соответствовать характеристикам реальной системы, что трансформирует задачу прогнозирования поведения слабо управляемых систем в задачу проектирования полностью управляемых систем под требуемые характеристики.

Таким образом, чем выше уровень автоматизации моделируемой системы, тем адекватнее ей ее модель, и чем шире область использования систем с высокой степенью автоматизации, тем большая часть социально-экономической активности может быть качественно смоделирована. А в предельном случае возможно построение всеобъемлющей модели глобальной экономики, точное определение ее ключевых характеристик и прогнозирование динамики их изменения, что станет беспрецедентным в мировой истории научно-исследовательским достижением.

До недавнего времени полностью автоматический или близкий к нему режим работы применялся крайне ограничено, в основном, в системах управления отдельными производственными процессами в гражданской сфере и в некоторых системах управления оружием в оборонной. Поэтому и сфера успешного применения методов и средств моделирования распределенных систем реального времени, наиболее

подходящих для моделирования автоматических систем, ограничивалась, как правило, задачами моделирования сетей связи и систем автоматизации технологических процессов.

**2. Облачная бизнес-модель: системы реального времени как перспективная модель глобальной экономики будущего.**

В настоящее время сложились предпосылки для кардинального расширения области применения методов и средств моделирования распределенных систем и систем реального времени. Это связано с бурным распространением так называемой облачной модели, более известной как модель облачных вычислений, вытесняющей традиционные модели организации работы предприятий и организаций [6].

Необходимо отметить, что практика использования модели облачных вычислений значительно опережает ее научное обоснование. Так, например, даже само определение облачных вычислений, признанное деловым и научным сообществом, было опубликовано Национальным институтом стандартов и технологии США (National Institute of Standards and Technology, NIST) только в 2011 году, а утвержденные стандарты облачных вычислений до сих пор отсутствуют полностью. Поэтому в разделах 2, 3 и 4 настоящей статьи будут рассмотрены и проанализированы в основном практические аспекты перехода на модель облачных вычислений предприятий и организаций различных сфер экономики. Эти аспекты будут рассмотрены применительно к задаче определения перспективного места и роли моделирования на базе имитационных моделей распределенных систем реального времени.

Схема организации облачных вычислений согласно определению NIST представлена на рисунке 1.

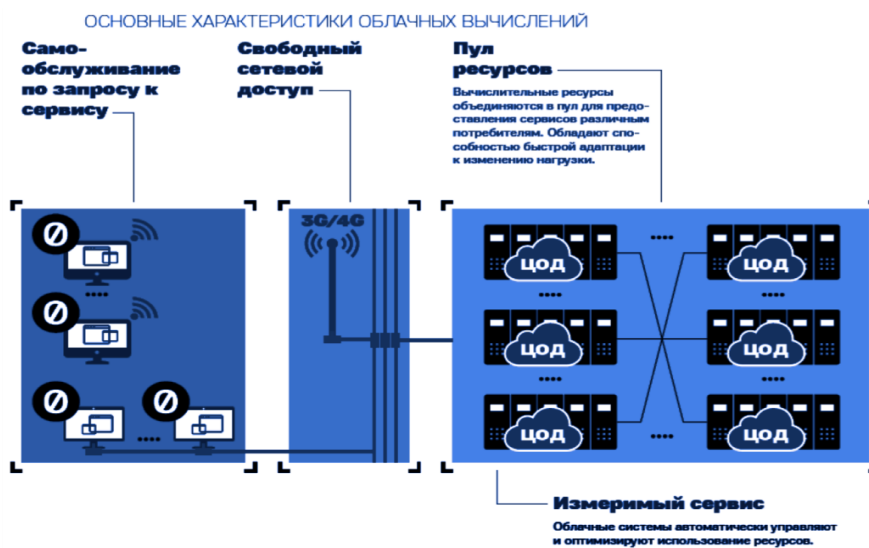


Рисунок 1. Основные характеристики облачных вычислений.

Особенностями, коренным образом отличающими облачную модель от традиционно используемых моделей оказания услуг с превалированием ручного труда, являются:

- приоритетное использование принципа самообслуживания по запросу от абонента к сервису посредством свободного сетевого доступа к нему;
- полностью автоматический или близкий к нему режим исполнения этого запроса с подключением необходимых ресурсов (внутренних, внешних) по мере надобности посредством того же свободного сетевого доступа;
- измеримое и управляемое качество сервиса, не зависящее от местоположения абонента и способа доступа к сервису.

Применительно к задаче организации коммерческих продаж вычислительной мощности как услуги модель облачных вычислений была впервые публично сформулирована в 1961 году в США Джоном Маккарти [7], и практически одновременно с ним в СССР академиком Виктором Михайловичем Глушковым применительно к задаче государственного планирования и управления [8]. Но ввиду непреодолимых на тот момент технических и организационных сложностей [7,8], ни в США, ни в СССР, ни в других странах реализована тогда не была.

Такая возможность стала появляться в 90-х годах прошлого века. Тем не менее, не услуги облачных вычислений стали первым примером полноценной реализации облачной модели. Пионерами выступили появившиеся тогда поисковые системы во главе с крупнейшей поисковой системой Google. Именно в поисковых системах были впервые реализованы такие принципы модели облачных вычислений, как самообслуживание абонента и полностью автоматическая обработка запросов с использованием как собственной, так и внешней информационно-коммуникационной инфраструктуры.

Эффект от реализации облачной модели применительно к поисковым задачам получился ошеломляющим. Полностью исключив ручной труд в процессе подачи и исполнения поисковых запросов удалось на несколько порядков снизить себестоимость обработки запроса относительно традиционной модели справочного бюро (даже компьютеризированного), обеспечить глобальную доступность услуги, практически мгновенное - десятые доли секунды - исполнение запроса и возможность гибкого масштабирования услуги. Так, поисковая система Google выполняет ежегодно более 100 млрд. запросов.

Убедившись на практике в преимуществах облачной модели и принципиальной возможности ее реализации, поисковые системы и специализированные компании-

разработчики смогли быстро реализовать на базе облачной модели также и всю номенклатуру телекоммуникационных сервисов. Среди них: электронная почта, разнообразные службы передачи сообщений (мессенджеры), сервисы голосовой и видеосвязи, развлекательные мультимедийные услуги (онлайн-игры, кинотеатры, магазины музыки и прочие сервисы). Как и в случае с поисковыми сервисами, себестоимость исполнения запроса оказалась настолько низкой - у мессенджера WhatsApp – 1 сотрудник на 3 млн пользователей [9], что позволила при абонентской базе в сотни миллионов абонентов и высоком качестве предоставляемых услуг реализовать преимущественно бесплатный принцип их оказания, достигнув при этом капитализации компаний-провайдеров таких сервисов в десятки [10] и сотни [11] миллиардов долларов.

И только спустя почти десять лет, уже в начале первого десятилетия 21 века были наконец запущены первые успешные коммерческие сервисы облачных вычислений по моделям инфраструктура как сервис (Infrastructure as a Service, IaaS) – вычислительная инфраструктура, дисковое пространство; платформа как сервис (Platform as a Service, PaaS) – вычислительная инфраструктура и системное программное обеспечение; и программное обеспечение как сервис (Software as a Service, SaaS). В настоящее время они быстро вытесняют традиционную модель продаж физического аппаратного обеспечения и программного обеспечения к нему, показывая бурные темпы роста на фоне сокращающихся продаж аппаратного и программного обеспечения [11]. При достижении большого размера абонентской базы (десятки и сотни миллионов пользователей) себестоимость предоставления программного и аппаратного обеспечения по облачной модели становится настолько низкой, что позволяет провайдерам кратно снижать цены на оказываемые услуги.

Как отмечалось выше, уже сейчас модель облачных вычислений применяется не только для оказания информационно-коммуникационных услуг, но и для организации предоставления некоторых услуг, относящихся к другим сферам экономики, а сфера применения облачной модели быстро расширяется. В перспективе возможна трансформация в облачные не только всех основных видов услуг, но и сферы материального производства.

Этот феномен связан с тремя принципиальными возможностями, достигнутыми благодаря успехам научно-технического прогресса в сфере управленческих и информационных технологий, а именно:

1. С возможностью формализации деятельности любого предприятия и организации на основе процессной модели управления [12].

2. С наличием обширной номенклатуры программных средств и средств их интеграции, позволяющих сквозным образом автоматизировать исполнение формализованных в рамках процессной модели производственных и бизнес-процессов предприятий и организаций любых сфер экономики. Это автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), системы автоматизированного диспетчерского управления (АСДУ), системы управления продукцией на всем ее жизненном цикле (product lifecycle management, PLM) и планирования ресурсов предприятия (enterprise resource planning, ERP). Это специализированные отраслевые системы, такие как автоматизированные банковские и страховые системы (АБС, АСС), процессинг, скоринг, трейдинг и прочие, системы автоматизации операционной и бизнес-деятельности операторов связи (operational/business support systems, OSS/BSS), системы автоматизации логистической (logistic management system, LMS), складской (warehouse management system, WMS) и торговой деятельности, системы управления обучением (learning management system, LMS), медицинские информационные системы (МИС) и многие другие.

3. С возможностью предоставления программного обеспечения как облачного сервиса.

Отсюда следует, что если по модели SaaS предоставляется программное обеспечение, сквозным образом автоматизирующее какой-либо производственный или бизнес-процесс, то в этом случае речь идет о полной замене компьютеризированного, но все равно по сути своей ручного труда части персонала предприятия или организации на исполняемый в автоматическом или близком к нему режиме облачный сервис. Сравнительно недавно для такой разновидности SaaS появилось свое обозначение – бизнес-процесс как облачная услуга (Business-Process as a Service, BPaas) [13]. Являясь разновидностью аутсорсинга, облачная BPaas принципиально отличается от традиционных видов аутсорсинга, представляющих из себя в основном юридическую процедуру по переводу персонала компании-заказчика в штат компании-аутсорсера с целью улучшения финансовой отчетности заказчика (аутстаффинг). Отличается она и от сложившейся практики использования средств автоматизации бизнес-процессов, когда их внедрение не приводит к значительному снижению объема ручного труда на автоматизируемом предприятии и росту производительности, и, как следствие, не влияет на финансовые показатели его деятельности [14].

Отличие состоит в том, что благодаря реализации принципа самообслуживания и близкого к автоматическому режима исполнения процесса облачный аутсорсинг позволяет существенно повысить производительность труда. Более того, BPaas

предоставляет беспрецедентную возможность быстро и с минимальными затратами изменять масштаб деятельности компании-заказчика сервиса в соответствии с изменением конъюнктуры рынка, не прибегая к увольнению или найму персонала, аренде дополнительных офисных площадей или отказу от них, и прочим организационно-техническим мероприятиям, требующим больших затрат времени и ресурсов.

Эффект значительного повышения производительности труда при переходе на облачные VPaaS научно обоснован [14]. Теоретически и эмпирически показано, что зависимость между производительностью труда и объемом инвестиций в информационные технологии возможна в случае, если модернизации подвергается сам производственный или бизнес-процесс, что как раз имеет место в случае VPaaS.

Поскольку все основные производственные и бизнес-процессы предприятия или организации тесно взаимосвязаны, то описанные выше принципиальные различия между традиционным и облачным подходом к их реализации делают практически невозможным их длительное сосуществование не только в рамках одного предприятия, но и в рамках групп предприятий, отрасли и даже экономики в целом. Ввиду очевидного превосходства облачного подхода над традиционным первые довольно быстро вытесняют последние по мере появления соответствующего предложения на рынке облачных сервисов.

Уже сейчас доступны облачные PBaaS, реализующие как отдельные группы внутренних бизнес-процессов, например, бухгалтерский и налоговый учет, управление взаимоотношениями с клиентами и ряд других, так и собственно конечный результат работы предприятия в виде тех услуг, которые предприятие или организация оказывает своим клиентам.

Для наиболее распространенных групп бизнес-процессов, предоставляемых по модели VPaaS, введены собственные названия, какие как Financial Management Applications SaaS, Software-as-a-Service Supply Chain Execution, Sales Force Automation SaaS.

Первым примером предоставления конечной услуги по модели VPaaS стали разнообразные платежные сервисы, появившиеся почти одновременно с поисковыми. Столь быстрая трансформация платежных сервисов в облачный формат оказалась возможна благодаря предшествующему длительному периоду развития индустрии безналичных платежей, осуществляемых с использованием банковских карт. Таким образом, необходимая инфраструктура автоматической обработки транзакций уже была доступна провайдерам облачных платежных сервисов, требовалось лишь

предоставить клиентам возможность самообслуживания через веб-интерфейс либо специализированный терминал или банкомат с функцией приема наличных денег. Что и было оперативно реализовано. Результаты оказались схожими с результатами трансформации в облачный формат информационно-справочных (поисковых) услуг: стоимость транзакции снизилась в 10 и более раз [15], качество и доступность услуг кардинально улучшились. Схожим образом переход на облачную модель сказался и на капитализации их провайдеров [16]. Так, оценочная капитализация платежного сервиса PayPal приближается к уровню капитализации ведущих банков, в частности, Сбербанка.

Ожидается, что в ближайшем будущем все остальные финансовые сервисы также будут переведены на облачную модель: «К 2016 году низкий уровень доходности на вложенный капитал приведет к тому, что не менее 60% банков по всему миру будут осуществлять большинство своих транзакций в облаке» [17].

Вхождение глобальной экономики в долгосрочную стагнацию явилось значимым стимулом для ускорения этого процесса и в других ее отраслях: «В 2014 году и далее большинство отраслей экономики столкнутся со значительными вызовами, и у них не останется иного выбора, кроме как радикально изменить свои традиционные бизнес-модели» [17].

Такое ускорение наблюдается, в частности, в сфере торговли, переход которой на облачную модель затянулся ввиду объективных причин. В настоящее время в облачном формате предоставляются услуги по выбору, заказу и оплате товара. Услуги доставки, из-за отсутствия оказываемых в облачном формате необходимых логистических сервисов, пока на «полпути» к облачным. Именно здесь в последние несколько лет происходит настоящий технологический прорыв (см. также раздел 3). Его предпосылкой стало последовательное повышение уровня автоматизации процессов транспортировки и обработки грузов. Так, высокая степень автоматизации достигнута в воздушных, железнодорожных и водных (морских) перевозках, в системах диспетчерского управления трубопроводами, широкое распространение получили мультимодальные перевозки. Созданы и используются высокоавтоматизированные центры обработки грузов [18]. По мере внедрения технологий, позволяющих добиться соответствующего уровня автоматизации автомобильного транспорта [19, 20], и технологий, предоставляющих возможность сквозным образом, с неограниченным уровнем детализации и в режиме реального времени отслеживать местоположение и состояние объектов транспортировки [21, 22], станет возможной реализация обширной номенклатуры облачных сервисов в сфере логистики.



В свою очередь, реализация в облачном формате логистических, торговых и финансовых услуг, в сочетании с возможностями сквозной автоматизации всего жизненного цикла материальных товаров от проектирования до утилизации и использованием принципа модульности и открытой архитектуры при создании их компонент дает возможность перейти от массового к индивидуальному производству, значительно повысив при этом производительность труда в промышленности. Под индивидуальным понимается такое производство, где проектировщиком выступает сам потребитель продукции [23]. Реализация такого подхода возможна и в строительстве [24].

Как минимум частичный переход на облачную модель также возможен в сферах образования [25], медицины [26], и в сфере государственного управления [27].

Отдельного внимания заслуживает оборонная сфера. Реализуемая США сетевая модель управления силами и средствами в режиме реального времени [28], в сочетании со стратегией приоритетного развития полностью автоматических разведывательных и силовых систем [29] – это, собственно, и есть переход от традиционной к облачной модели управления планированием и ведением боевых действий в глобальном масштабе, в режиме реального времени и полной ситуационной осведомленности.

### **3. Программно-конфигурируемая инфраструктура.**

Наряду с возможностью самообслуживания и автоматическим режимом исполнения, третьей отличительной особенностью облачной модели является измеряемое и управляемое качество сервиса (Quality of Service, QoS). Именно эта особенность пока не реализована в требуемой потребителем мере ни в одном из существующих облачных сервисов.

Причина – отсутствие необходимой для реализации автоматического адаптивного управления качеством сервиса инфраструктуры. Если учесть, что облачная услуга оказывается в автоматическом режиме реального времени, то для управления качеством предоставляемой услуги необходимо именно в таком режиме управлять характеристиками всех задействованных в предоставлении сервиса инфраструктурных элементов, а не только информационно-коммуникационных [30]. Так, скажем, для логистических сервисов необходимо не только получать телеметрические данные от транспортных средств и складских объектов, но и управлять ими.

Однако, в настоящее время автоматический режим управления по запросу от прикладного облачного сервиса не реализован даже для основных элементов

информационно-коммуникационной инфраструктуры, таких как активные сетевые устройства, системы хранения данных, компьютеризированные рабочие места.

Принимая во внимание уже упомянутую выше возможность предоставления любого программного обеспечения как облачного сервиса, задачу создания управляемой сервисом инфраструктуры можно свести к трем аспектам:

1. Создания программно-управляемой инфраструктуры, с возможностью свободного сетевого доступа к ней со стороны программного обеспечения, реализуемого по модели SaaS.

2. Обеспечения уровня доступности инфраструктуры, достаточного для реализации управления в режиме реального времени, в условиях ее территориальной распределенности.

3. Разработки специализированных инфраструктурных облачных сервисов автоматического диспетчерского управления такой инфраструктурой и/или соответствующего расширения функционала прикладных облачных сервисов.

В настоящее время первое и второе направление находятся в стадии активной реализации – см. таблицы 1 и 2. А одним из первых примеров инфраструктурного облачного сервиса является информационная безопасность как сервис (Security as a Service, SECaaS) [31].

Необходимо отметить, что, в свою очередь, управляемая сервисом «умная» инфраструктура не может эксплуатироваться без соответствующих облачных сервисов. Также как и полноценный облачный сервис не может быть реализован без обладающей перечисленными выше качествами инфраструктуры. Из этого следует, в частности, что создание такой инфраструктуры делает процесс трансформации традиционной экономики в облачную необратимым и тотальным.

**Таблица 1. Программно-конфигурируемая информационная и телекоммуникационная инфраструктура.**

Название концепции / технологии		Краткое описание	Статус
Сокращенное	Полное		
<b>Информационная инфраструктура</b>			
-	Серверная виртуализация, Server virtualization	Виртуализация вычислительных мощностей, реализация возможности сквозного автоматического управления ими. Единственная широко используемая в настоящий момент технология виртуализации. Позволяет в 4-5 раз повысить загрузку серверных мощностей.	Широко используется.

SDS	Software Defined Storage	Виртуализация систем и сетей хранения данных, реализация возможности сквозного автоматического управления ими.	Начало коммерческого использования
VDI	Desktop virtualization	Виртуализация компьютеризированных рабочих мест. Позволяет заменить физическое рабочее место на облачный сервис, доступный везде где есть сетевое подключение. Для работы с таким сервисом достаточно только средства отображения информации (монитор, телевизор, планшет, смартфон).	Начало коммерческого использования
-	Модульность, стандартизация, открытая архитектура	Модульность на всех уровнях ИТ-инфраструктуры [31] – от отдельных элементов устройств с возможностью их «горячей» замены без дополнительных настроек, в том числе на аналогичные элементы других производителей, до модульности датацентра в целом.	Начало коммерческого использования
<b>Коммуникационная инфраструктура</b>			
SDN (ПКС)	Software Defined Network (программно конфигурируемая сеть)	Автоматическое управление конфигурацией сетевых устройств, как локальных (LAN), так и глобальных сетей (WAN) [31].	Начало коммерческого использования
NFV	Network Function Virtualization	Перенос функционала некоторых видов активного сетевого оборудования с аппаратного уровня специализированного сетевого устройства на уровень исполняемого на обычных серверах ПО [31].	Начало коммерческого использования
5G	Стандарт сотовой связи пятого поколения	Возможность в режиме реального времени контролировать характеристики предоставляемых услуг связи [32].	Разработка стандарта

\* Виртуализация – предоставление вместо физического ресурса его модели.

**Таблица 2. Характер трансформации пользовательских устройств, элементов оснащения зданий и сооружений, транспортных средств.**

<b>Инфраструктурный элемент</b>	<b>Сфера применения, цели создания</b>	<b>Примеры реализации</b>
Мультимедийная консоль пользователя сервиса	Создание универсального пользовательского устройства для взаимодействия потребителя с неограниченной номенклатурой существующих и перспективных облачных сервисов. Реализация принципов самообслуживания и свободного сетевого доступа к сервису.	Смартфон, планшетный компьютер, смарт-телевизор.
«Интернет вещей»: элементы инфраструктуры, не относящиеся к ИКТ	Телеметрия и телеуправление всеми видами инфраструктуры через ее оснащение сенсорами и исполнительными устройствами нового поколения. Принципиальное отличие таких устройств телеметрии и телеуправления от традиционно используемых в системах автоматизированного управления состоит в том, что являясь самостоятельным сетевым IP-устройством,	Умный термостат и любые другие элементы инженерных систем зданий и сооружений, вплоть до отдельной лампы в системе освещения умный чемодан, умная

	<p>посредством свободного сетевого доступа они могут взаимодействовать с произвольным количеством и номенклатурой автоматизированных систем. С помощью таких устройств может быть реализовано сколь угодно детальное управление оснащенной ими инфраструктурой, вплоть до отдельных ее элементов.</p>	<p>коробка, умная бытовая техника, умный автомобиль и т.п.</p>
--	---	--

#### 4. Взаимодействие облачных сервисов. Рождение облачной экосистемы.

По мере расширения номенклатуры облачных сервисов актуальным становится вопрос организации их взаимодействия.

В настоящее время такое взаимодействие осуществляется в ручном режиме, а крупнейшими агрегаторами облачных сервисов выступают поисковые системы (Google и другие) и системы онлайн-аукционов (Amazon, eBay и прочие). Так, в частности, Amazon, созданный изначально как онлайн-аукцион, является в настоящее время крупнейшим провайдером облачных ИТ-сервисов по модели IaaS, оставаясь при этом (вместе с eBay) и крупнейшим в мире интернет-аукционом.

Однако, благодаря принципу самообслуживания, лежащему в основе облачной модели, имеется возможность реализовать такое взаимодействие в полностью автоматическом режиме. В облачной идеологии сервис предоставляется одинаково, вне зависимости от того, обращается ли к нему конечный пользователь или же другой сервис – см. левую часть схемы на рисунке 1. «Транспортом» для такого взаимодействия сервисов служит глобальная IP-сеть, а логика взаимодействия может быть реализована на уровне самих взаимодействующих сервисов посредством широко используемого интерфейса программирования приложений (application programming interface, API).

Одним из первых примеров организации автоматического взаимодействия различных облачных сервисов является интеграция с электронным аукционом eBay облачного платежного сервиса PayPal. Успех этого проекта позволил сделать платежный сервис PayPal и аналогичные ему сервисы универсальными, интегрируемыми практически в любой облачный коммерческий сервис.

Организация взаимодействия сервисов «по запросу» - это крайне востребованное сейчас направление развития облачных сервисов.

Так, в частности, единственным эффективным способом обеспечения информационной безопасности (ИБ) облачных сервисов является перевод инструментов ИБ также в облачный формат и организация их автоматического взаимодействия с прикладными сервисами [31]. Несмотря на очевидный прогресс последних лет в области реализации ИБ как сервиса, в настоящее время номенклатура SEaaS крайне ограничена, а их взаимодействие с защищаемыми (прикладными)

сервисами в автоматическом режиме не реализовано, что является одной из основных причин масштабных краж персональных данных пользователей облачных услуг, имевших место в последнее время [34].

Более общий подход к рассмотрению феномена модели облачных вычислений показывает, что эта модель представляет из себя не что иное как аналог принципа разделения труда в материальном производстве, но применительно к сфере услуг. В случае реализации автоматического взаимодействия сервисов добавленная стоимость некоего нового облачного сервиса может быть создана провайдером за счет его «сборки» из базовых собственных и внешних/сторонних облачных сервисов, либо исключительно из внешних, которые, в свою очередь, также могут являться продуктом «сборки» других, базовых по отношению к ним сервисов, формируя таким образом единую облачную экосистему мировой экономики, обладающую признаками самоподобия [6]. Другими словами, если и сервис, и его взаимодействие с другими сервисами реализованы в соответствии с принципами облачных вычислений, то и экосистема таких сервисов также будет облачной и подобной входящим в ее состав сервисам (см. рисунок 2 ниже). А моделирование сервиса, создаваемого в идеологии облачной экосистемы, сведется к моделированию характера взаимодействия входящих в его состав сервисов, что является весьма нетривиальной задачей. Так, например, в рассматриваемой экосистеме сервис может участвовать в создании самого себя (красное облако на рисунке 2), что делает невозможной не только географическую и отраслевую классификацию сервисов, но и временную.

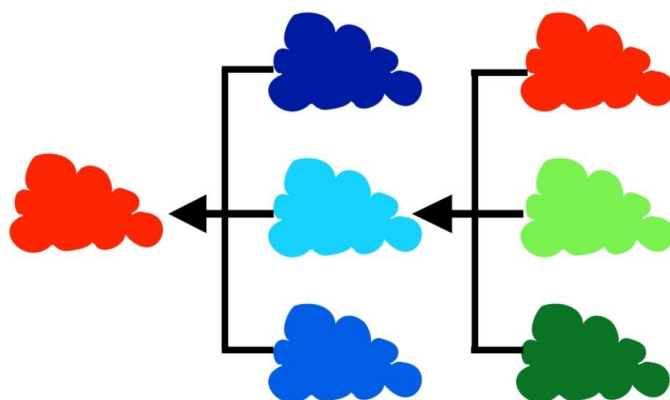


Рисунок 2. Упрощенное представление фрагмента облачной экосистемы. Создающий сам себя сервис.

Очевидно, что для успешной практической реализации взаимодействия облачных сервисов в столь сложной экосистеме необходимо, чтобы:

1. Облачные сервисы были стандартизированы, включая интерфейсы их взаимодействия. Пока эта задача далека от решения. Над ней работает множество международных организаций, среди которых OpenStack Foundation, Open Grid Forum, Open Group, Distributed Management Task Force (DMTF), Storage Network Industry Association, TM Forum, Cloud Service Customer Council, Cloud Security Alliance. Первый шаг к стандартизации был сделан в 2011 году, когда Национальный институт стандартов и технологии США (National Institute of Standards and Technology, NIST) впервые опубликовал общепризнанное определение облачных вычислений. В 2014 году ожидается выход стандартов ISO/IEC CD 17788 «Информационные технологии – Распределенные прикладные платформы и сервисы – Облачные вычисления – Общие положения и словарь»; ISO/IEC WD 17789 «Информационные технологии – Облачные вычисления – Эталонная архитектура» (Information Technology – Cloud Computing – Reference Architecture) [35]. Также готовится к выходу стандарт ISO, описывающий вопросы безопасности облачных сервисов [36].

2. Обязательным этапом проектирования (создания) облачного сервиса должно стать моделирование не только на соответствие его характеристик требуемым, но и на последствия включения нового сервиса в экосистему облачных сервисов. Кроме того, необходимо моделирование и существующих облачных сервисов на предмет возможности и результатов их взаимодействия.

По мере расширения сфер применения облачных сервисов моделирование формирующейся облачной экосистемы может развиваться в моделирование всей системы социально-экономических отношений в глобальном масштабе. В то же время, моделирование деятельности отдельных предприятий, групп предприятий, отраслей, географических рынков как изолированных систем будет терять свою актуальность.

Изменяются и подлежащие моделированию характеристики. Станут второстепенными такие традиционно важные для описания деятельности предприятий и организаций показатели, как, например, штатная численность персонала или стоимость основных средств. А основными будут показатели, ранее использовавшиеся в основном при описании информационно-коммуникационных систем, такие как время отклика системы, частота обработки транзакций, доля успешно обработанных запросов, время обработки запроса и прочие.

Задача имитационного моделирования взаимодействия сервисов в рамках глобальной облачной экосистемы, с одной стороны, является беспрецедентной, с другой - требует быстрого решения. Стоимость (капитализация) уже существующих облачных сервисов крайне велика, она достигает сотен миллиардов долларов. Такие

сервисы действуют в режиме реального времени в интересах миллиардов абонентов, а уже в обозримой перспективе будут управлять критически важными для жизнедеятельности человека системами и объектами. Поэтому последствия некорректного их взаимодействия могут оказаться даже более разрушительными, чем последствия крупных природных катаклизмов.

В настоящее время опыт моделирования взаимодействия облачных сервисов отсутствует. Имеется весьма ограниченный опыт имитационного моделирования отдельных облачных систем. Он относится лишь к одному виду облачных сервисов - аренде вычислительной инфраструктуры по модели IaaS. Выполняется с использованием имитационных моделей, предназначенных для моделирования низших уровней телекоммуникационных сетей (1-2 уровня семиуровневой модели), что позволяет определить лишь некоторые из основных характеристик сервиса [37]. Более того, до настоящего времени пока не сложилось общее понимание того факта, что модель облачных вычислений относится не только к самим облачным вычислениям, а является универсальной моделью, описывающей принципы трансформации всех без исключения сфер современной социально-экономической деятельности.

Это неудивительно, если учесть, что само определение облачного сервиса было стандартизировано лишь в 2011 году, спустя почти 20 лет с начала коммерческого использования первых облачных сервисов, и спустя ровно 50 лет с того момента, когда в 1961 году возможность облачных вычислений была впервые публично сформулирована. В настоящее время практика разработки и использования облачных сервисов намного опережает ее научное обоснование, а их внедрение ведется «на ощупь», методом проб и ошибок, цена которых становится все выше.

Тем не менее, накопленный опыт моделирования систем реального времени и распределенных систем может сыграть значимую роль в решении проблемы организации устойчивой работы формирующейся облачной экосистемы. С использованием этого опыта необходимо в сжатые сроки разработать универсальную имитационную модель облачного сервиса, позволяющую определять ключевые характеристики сервиса и проводить оценку характера его взаимодействия с другими сервисами в рамках единой облачной экосистемы. Такая модель также даст возможность прогнозировать потребность в создании новых сервисов и определять их характеристики.

Стоит отметить, что услуги такого моделирования могут быть реализованы в формате коммерчески успешного облачного сервиса.

### Список литературы

1. 1516-2010 - IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules. - [Электронный ресурс]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010. – Режим доступа: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/1516-2010.html>.
2. Соловьев И.В. Проблемы исследования сложной организационно-технической системы. Вестник МГТУ МИРЭА, 2013.
3. Соловьев В.И. Стохастическое моделирование макроэкономических процессов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. - [Электронный ресурс], 2001. – Режим доступа: [http://visoloviev.ru/bookssci/soloviev\\_ar.pdf](http://visoloviev.ru/bookssci/soloviev_ar.pdf).
4. Гусынина Ю.С. Моделирование управления производственными системами с учетом случайности состояния формирующих параметров: диссертация кандидата технических наук. РГБ ОД, 61 10-5/1745, 2010.
5. Айвазян С.А., Бродский Б.Е. Макроэконометрическое моделирование: подходы, проблемы, пример эконометрической модели российской экономики. - [Электронный ресурс]: Центр ситуационного анализа и прогнозирования ЦЭМИ РАН, 2009. – Режим доступа: <http://data.cemi.rssi.ru/GRAF/center/methodology/macroeconom/3/macromodel.pdf>.
6. Герасимов А.В. Облака приведут к революции в мировом разделении труда. - [Электронный ресурс]: CNews, 2013. - Режим доступа: [http://www.cnews.ru/reviews/new/oblachnye\\_servisy\\_2013/articles/oblaka\\_privedut\\_k\\_revolyutsii\\_v\\_mirovom\\_razdelenii\\_truda](http://www.cnews.ru/reviews/new/oblachnye_servisy_2013/articles/oblaka_privedut_k_revolyutsii_v_mirovom_razdelenii_truda).
7. Hayes, Patrick J.; Leora Morgenstern. On John McCarthy's 80th Birthday, in Honor of his Contributions. AI Magazine, 2007.
8. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. Изд. "КИТ", ПТОО "А.С.К.", Киев, 1995, стр. 154-168.
9. Как выходцы из России и Украины создали «убийц SMS» и стали мультимиллионерами. - [Электронный ресурс]: CNews, 2014. – Режим доступа: <http://biz.cnews.ru/news/top/index.shtml?2014/02/20/561444>.
10. Рыночная капитализация Google впервые в истории превысила \$400 млрд. - [Электронный ресурс]: РИА Новости, 2014. – Режим доступа: <http://ria.ru/economy/20140212/994388920.html>.
11. Герасимов А. В. Облака – шанс для российской ИТ-индустрии. - [Электронный ресурс]: CNews, 2013. - Режим доступа:



[http://www.cnews.ru/reviews/new/oblachnye\\_servisy\\_2013/articles/oblaka\\_\\_shans\\_dlya\\_rossijskoj\\_itindustrii/](http://www.cnews.ru/reviews/new/oblachnye_servisy_2013/articles/oblaka__shans_dlya_rossijskoj_itindustrii/).

12. Croft. H.N. ISO 9001:2015 – перспективы развития стандартов управления качеством на следующие 25 лет. - [Электронный ресурс]: International Organization for Standardization, 2012. - Режим доступа: [http://www.iso.org/iso/ru/home/news\\_index/news\\_archive/news.htm?refid=Ref1633](http://www.iso.org/iso/ru/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1633).

13. Gartner IT glossary. Business Process as a Service (BPaaS). - [Электронный ресурс]: Gartner, 2013. - Режим доступа: <http://www.gartner.com/it-glossary/business-process-as-a-service-bpaas>.

14. Strassmann P. A. The Value Of Computers, Information and Knowledge. - [Электронный ресурс], 1996. - Режим доступа: <http://www.strassmann.com/pubs/cik/cik-value.shtml>.

15. Назипов Д. А., Речкалова Е. А. Выступления на международной конференции «Бизнес-форум IBM», сессия «Клиент будущего и его банк». Москва, 2013.

16. Миллиардер Карл Айкан хочет отделить PayPal от eBay. - [Электронный ресурс]: РосБизнесКонсалтинг, 2014. - Режим доступа: <http://rbcdaily.ru/world/562949990333114>.

17. Gartner's annual Predicts research on industry trends titled «Top Industries Predicts 2014: The Pressure for Fundamental Transformation Continues to Accelerate». - [Электронный ресурс]: Gartner, 2013. - Режим доступа: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2607115>.

18. Выступления на международной конференции «Бизнес-форум IBM», сессия «Системы самообслуживания и управления пассажиропотоком на транспорте». Москва, 2013.

19. Европа зафиксировала правила «общения» автомобилей. - [Электронный ресурс]: CNews, 2014. - Режим доступа: [http://www.cnews.ru/top/2014/02/14/evropa\\_zafiksirovala\\_pravila\\_obshheniya\\_avtomobiley\\_560707](http://www.cnews.ru/top/2014/02/14/evropa_zafiksirovala_pravila_obshheniya_avtomobiley_560707).

20. Apple интересуется электромобилями Tesla и предупреждением инфарктов. - [Электронный ресурс]: CNews, 2014. - Режим доступа: [http://www.cnews.ru/top/2014/02/17/apple\\_interesuetsya\\_elektromobilyami\\_tesla\\_i\\_preduprezhdeniem\\_infarktov\\_560832](http://www.cnews.ru/top/2014/02/17/apple_interesuetsya_elektromobilyami_tesla_i_preduprezhdeniem_infarktov_560832).

21. Airbus Bag2Go: Умный чемодан не даст багажу затеряться. - [Электронный ресурс]: Компьютерра, 2013. - Режим доступа: <http://compulenta.computerra.ru/tehnika/gadgets/10007206/>.
22. RFID - The Intelligent Box. - [Электронный ресурс]: Mondi, 2013. - Режим доступа: <http://www.mondigroup.com/products/desktopdefault.aspx/tabid-1381/>.
23. Агамирзян И.Р. Выступление на международной конференции «Бизнес-форум IBM», пленарное заседание. Москва, 2013.
24. 3D-принтер построит дом за 24 часа. - [Электронный ресурс]: Newsland, 2014. - Режим доступа: <http://newsland.com/news/detail/id/1308203/>.
25. Соловьев В. И. Облака над университетами. Выступление на круглом столе CNews «Российские ЦОДы: от количества к качеству». Москва, 2014.
26. Кидалов Ф. В. ЦОД ОАО «Медицина»: составная часть проекта Smart-Клиник. Выступление на конференции ИКС-Медиа «ЦОД-2012», 2012.
27. Государственная программа «Информационное общество. 2011-2020 гг.». Министерство связи и массовых коммуникаций РФ. - [Электронный ресурс], 2014. - Режим доступа: <http://minsvyaz.ru/ru/directions/?regulator=61>.
28. The implementation of network-centric warfare. Office of the US Secretary of Defense. - [Электронный ресурс]: www.oft.osd.mil, 2005. - Режим доступа: [http://www.carlisle.army.mil/DIME/documents/oft\\_implementation\\_ncw%5B1%5D.pdf](http://www.carlisle.army.mil/DIME/documents/oft_implementation_ncw%5B1%5D.pdf).
29. Policy options for unmanned aircraft systems. US Congress, Congressional budget office. [Электронный ресурс]: www.cbo.gov, 2011. - Режим доступа: <http://www.cbo.gov/publication/41448>.
30. Герасимов А.В. Объем рынка «облачных» зданий составит десятки миллиардов долларов. - [Электронный ресурс]: CNews, 2014. - Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/new/preview/articles/3f0e37fd82dbd591237f3f439b4ca53234eaf781/>.
31. Шибяев А. ?. ИТ как сервис: облачные технологии изменяют ИТ-службы. Выступление на конференции «ЦОД: оптимальная модель инфраструктуры». Москва, 2013 г.
32. Смелянский Р. Л. Программно-конфигурируемый ЦОД - новый подход в ИТ. Выступление на круглом столе CNews «Российские ЦОДы: от количества к качеству». Москва, 2014.
33. Start thinking about 5G wireless. - [Электронный ресурс]: CNN, 2012. - Режим доступа: <http://money.cnn.com/2012/03/08/technology/5G-wireless/>.

34. Произошло крупнейшее в истории похищение учетных записей. - [Электронный ресурс]: CNews, 2014. - Режим доступа: <http://biz.cnews.ru/news/top/index.shtml?2014/02/26/562422>.
35. Новые стандарты создают научную базу для облаков. - [Электронный ресурс]: CNews, 2014. - Режим доступа: <http://cloud.cnews.ru/reviews/index.shtml?2014/02/04/558951>.
36. ISO готовит стандарт облачной безопасности. - [Электронный ресурс]: CNews, 2013. - Режим доступа: <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2011/07/11/447117>.
37. Коннов А.Л. Моделирование облачных технологий в облачных системах. - [Электронный ресурс], 2013. - Режим доступа: [http://masters.donntu.edu.ua/2013/fkita/boyko/library/Model\\_cloud\\_tech/o\\_cc2fd91f197cb505.html](http://masters.donntu.edu.ua/2013/fkita/boyko/library/Model_cloud_tech/o_cc2fd91f197cb505.html).