

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/56TVN617.pdf>

Статья опубликована 15.01.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Евдокимов И.В., Алалван А.Р.Д., Тимофеев Н.А., Нехоношин С.Р. Интернет вещей в контексте экономики программной инженерии и управления стоимостью проекта // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/56TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 004:338.2

Евдокимов Иван Валерьевич

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия, Красноярск
Доцент кафедры «Информатика»
Кандидат технических наук
E-mail: evd-ivan@yandex.ru

Алалван Амин Раад Джихад

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия, Красноярск
Аспирант
E-mail: ameenraad2@gmail.com

Тимофеев Никита Алексеевич¹

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия, Красноярск
Студент 2 курса кафедры «Информатика»
E-mail: Creshik98@mail.ru

Нехоношин Сергей Русланович²

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия, Красноярск
Студент 2 курса кафедры «Информатика»
E-mail: space.trucking@mail.ru

**Интернет вещей в контексте
экономики программной инженерии
и управления стоимостью проекта**

Аннотация. Текущая ситуация на рынке информационных технологий обуславливается высоким ростом популярности интернета вещей. Многие предприятия проявляют большую заинтересованность во внедрении данной технологии, поскольку она способна автоматизировать большое количество разнообразных производственных процессов, и уже сейчас, интернет вещей активно внедряется в промышленные объекты. Для полноценного использования интернета вещей в программной инженерии, необходимо рассмотреть данную технологию со стороны стоимостной оценки. Зачастую заказчику еще до готовности продукта необходимо знать конечную стоимость, в связи с чем возникает потребность в оценке финансовых и временных затрат на реализацию проекта на стадии проектирования. Процесс расчета конечной стоимости представляет собой калькулирование. Авторы поставили перед

¹ <https://vk.com/nikitostim>

² <https://vk.com/id113700284>

собой цель: при помощи параметрической оценки дать наиболее точные расчеты конечной стоимости и зависимости стоимости интернета вещей от параметров, по которым изменяется стоимость. Таким образом, в статье исследуются все аспекты технологии интернета вещей, по которым построена зависимость стоимости от этих самых аспектов. Результаты исследований дополнены расчетными выкладками по методу Program Evaluation and Review Technique и сделаны выводы касательно затрат на реализацию проекта интернета вещей.

Вклад авторов: Тимофеев Н. А. – автор внес существенный вклад в менеджмент исследований предметной области, в анализ и интерпретацию данных, значимый вклад в проведение анализа стоимостной оценки; оказывал участие в написании и оформлении статьи. Нехоношин С. Р. – автор оказывал участие в подготовке основных разделов научной статьи, внес вклад в обработку и структуризацию информации, полученной от других авторов. Автор осуществил написание статьи. Евдокимов И. В. – автор внес существенный вклад в раскрытие актуальности темы исследования, обозначив степень ее важности в данный момент и в данной ситуации для решения проблем интернета вещей, формирование новизны и акцентирование на отличии результатов данной работы от результатов других авторов, осуществил постановку цели и задач исследования. Кроме того, данный автор одобрил окончательную версию статьи перед её подачей для публикации. Алалван А. Р. Д. – автор внес существенный вклад в сбор первичной информации по тематике исследования, внес существенный вклад в литературный обзор, проанализировав российские и международные индексируемые базы научного цитирования, а также мировые информационные ресурсы по тематике публикации на русском, английском и арабском языках, провел анализ собранного материала, его обобщение, что нашло отражение не только во введении, но и в значимой части основного текста статьи, автор интерпретировал собранный материал.

Ключевые слова: интернет вещей; стоимость проекта; экономика программной инженерии; параметрические методы; Program Evaluation and Review Technique; межмашинное взаимодействие; LPWAN; информационная безопасность

Концепция интернета вещей (Internet of Things, IoT), сформированная Кевином Эштоном на презентации для руководства “Procter and Gamble”, появилась в 1999 году. Первоначально она представляла собой осмысление перспектив широкого применения средств радиочастотной идентификации для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением [1]. Сформированные им основные термины стали основой для вышедшей через 5 лет статьи, полностью посвященной интернету вещей. В данной статье рассматривалось применение концепции исключительно в бытовом плане, позволяя автоматизировать выполнение процессов бытовыми приборами и “вещами” (например, снабженные идентификационной меткой медицинские препараты). Именно рассмотренная в статье иллюстрация объединения “вещей” и устройств в единую вычислительную сеть, обслуживаемую интернет-протоколами, позволило концепции обрести широкую популярность. Несмотря на это, лишь в 2010 году она получила второе рождение, ведь именно тогда количество устройств, подключенных к глобальной сети превысило численность населения. Это позволило концепции обрести цикл зрелости технологии и стать основой “туманных вычислений” [2]. Также впервые была рассмотрена данная концепция не только в применении на бытовом уровне, но и для активного внедрения в промышленные объекты.

На сегодняшний день под IoT понимают концепцию построения вычислительных сетей, состоящих из “вещей”, которые взаимодействуют друг с другом и внешней средой. Под вещами, в контексте названия технологии, подразумеваются предметы физического или виртуального мира, которые могут быть идентифицированы и интегрированы в сети связи. Таким образом вещи, получая данные, могут осуществлять коммуникацию между собой для

анализа полученных сведений и хранения их в собственной сети, однако все действия, которые могут выполнить устройства под одной сетью, определяются человеком. Данный аспект важен с точки зрения безопасности хранимой информации [3], так как этот термин также рассматривают как направление технологического и социального развития общества [4]. Бурный рост концепции связан, в первую очередь, с развитием беспроводных сетей, облачных вычислений, активным переходом на IPv6 (новую версию протокола IP) и освоением программно-конфигурируемых сетей [5].

Основными компонентами технологии интернета вещей являются:

- 1) обработка данных;
- 2) идентификация;
- 3) измерение.

Первый компонент охватывает возможности сетей (проводных и беспроводных), позволяя интернету вещей эффективно реагировать в условиях низких интернет-скоростей, адаптироваться и проявлять отказоустойчивость.

Идентификация является основой самой концепции интернета вещей. Она требует наличия оптически-распознаваемых идентификаторов и средств нахождения местоположения в реальном времени. К тому же каждый идентификатор должен обладать уникальностью. Традиционные идентификаторы для объектов, имеющие доступ к сети – MAC-адреса сетевого адаптера.

Суть интернета вещей заключается в получении информации из внешней среды, именно поэтому технология должна обладать средствами измерения, преобразующие сведения о внешнем мире в машиночитаемые данные. Объединение всех объектов в одной сети позволяет использовать полученные данные для построения системы межмашинного взаимодействия.

Перспективной является возможность взаимодействия людей и устройств, побуждающая реагировать их на присутствие человека или предугадывать его пожелания, для выполнения соответствующих инструкции или рекомендаций. Именно к подобной реализации стремятся многие специалисты, способствующие развитию искусственного интеллекта и машинно-вычислительных технологий. Когда машины смогут в полной мере “учиться” и создавать необходимые благоприятные условия для человека, технология интернета вещей достигнет своего совершенства.

Но помимо бытового плана, мы отметили активное внедрение интернета вещей в промышленные объекты. Многие компании пересматривают свои консервативные взгляды [6] и стремятся к использованию нового подхода ведения дел с использованием интернета вещей. Такая тенденция наблюдается по причине стремлении компании к сближению с потребителем, активно пользующимся персональными устройствами. Помимо простых удобств, таких как автоматическое открытие и закрытие дверей при появлении клиента, технология позволяет использовать биометрические данные для идентификации личности и предоставления соответствующего доступа к тем или иным услугам. Это позволяет устройствам исходя из пожелания клиента оказывать ему те услуги, в которых он заинтересован. Таким образом, интернет вещей способен охватить сферу маркетинга и развлечений, позволяя через распознавание конкретного настроения пользователя, выдавать наиболее удовлетворительные для него результаты. Можно сделать вывод о том, что в ближайшем будущем интернет вещей будет привлекать к себе только больше внимания.

Аналитики используют разные методологии оценивания рынка IoT, из-за чего общие оценки выглядят несогласованными [7]. Вместе с тем зачастую доходит до абсурда – в открытом доступе можно получить множество информации о размере рынка без уточнения

использованного метода расчета оценки. Это дает очень искаженную информацию, что затрудняет первостепенную оценку экономических характеристик производства сложных систем IoT. По самым оптимистичным прогнозам, объем рынка IoT к 2020 году возрастет до \$4,3 трлн долларов, что является на 456 % больше от доли сегмента в 2014 году [8]. Таким образом сегмент IoT на IT-рынке становится популярнее с каждым днем [9], развивается, а исходя из перечня необходимых компонентов для стабильного функционирования технологии, дальнейшее развитие получают облачные серверы, интернет сети и разработка новых стандартов взаимодействия машин между собой [10].

Важным аспектом использования IoT в отрасли программной инженерии является стоимость проекта, поскольку при разработке программного обеспечения крайне актуальным остается вопрос оценки финансовых, материальных и временных затрат на успешное завершение IT-проектов [11]. Совершенно очевидно, что заказчику интересны точные значения стоимости проекта еще до того, как он будет готов. Конечно же, проведение подобных оценок подразумевает использование современных различных экономико-математических методов и информационных технологий, что и является предметом исследования нашей статьи.

Общие расходы на реализацию любого IT-проекта обуславливаются величиной его стоимостной оценкой. Стоимостная оценка – это оценка вероятных ресурсов, которые понадобятся в процессе разработки и реализации проекта. Сам процесс расчета стоимостной оценки представляет собой калькулирование. Исходя из подчеркнутого выше недостатка расчета рынка интернета вещей, необходимо обозначит метод, по которому будут проведены экономические выкладки в соответствии с поставленной задачей. Наиболее эффективными и точными оценками в IT-сфере, исходя из предоставленных данных, являются методы оценивания “по аналогу” и методы параметрических оценок. Первый способ предполагает оценивание стоимости проекта используя стоимость предыдущих проектов, таким образом если они схожи между собой, то полученная оценка с большей вероятностью будет наиболее точной. Второй же заключается в нахождении такого параметра проекта, изменение которого влечет пропорциональные изменения стоимости проекта. После построения математической модели можно получить, исходя из значения вводимых параметров, оценку стоимости проекта. Разновидностью параметрической оценки стоимости проекта является модель СОСОМО (COConstructive COst MOdel) – алгоритмическая модель оценки стоимости разработки программного обеспечения, для работы с которой также нужно собирать данные о разрабатываемых проектах, которые позже будут использоваться в расчетных формулах.

Среди же методов, относящихся к параметрическим, зачастую на практике выделяют метод Use Case Points (UCP), основанный на использовании примеров из так называемого унифицированного языка моделирования (Unified Modeling Language – UML). Общая формула для расчетов выглядит следующим образом:

$$UCP = (UUCW + UAW) \times TCF + ECF, \quad (1)$$

где: $UUCW$ – Нескорректированный вес прецедента; UAW – Нескорректированный вес исполнителя; TCF – Коэффициент технической сложности; ECF – Коэффициент сложности среды.

Метод трёхточечных оценок, являющийся модифицированным методом PERT (Program Evaluation and Review Technique) и снимающий неопределенности оценки этим методом. Общая формула такова:

$$E = \frac{(O+4M+P)}{6}, \quad (2)$$

где: O – Оптимистический сценарий для наилучшего случая; P – Пессимистический сценарий для наихудшего случая; M – Наиболее вероятный сценарий.

Исходя из вышесказанного, наилучшим методом для анализа оценки стоимости интернета вещей является метод параметрической оценки, так как в условиях неточной информации мы сможем составить математическую модель, на основе которой получится выявить тенденцию изменения конечной стоимости. Предметом настоящего исследования является выявление параметров, пропорционально которым изменяется стоимость IoT.

Предложенные методы оценивания не избавляют нас от некоторого фактора неопределенности, в связи с этим объясняется колоссальная разница между оценочной стоимостью IoT разных аналитиков. Исходя из этого, невозможно точно спрогнозировать стоимость конечного IT-проекта. На раннем этапе вычисления оценки выделяют следующие критерии, по которым с большей точностью можно сделать прогноз итоговой оценки.

1) Выявление требований. Одна из наиболее важных проблем, так как на раннем этапе необходимо, в первую очередь, получить полный перечень требований к проекту и проверить, все ли требования корректны (то есть, выполнимы). При выявлении требований можно уже предусмотреть самый пессимистичный вариант итоговой стоимости.

2) Детализация работ. Заказчику всегда необходимо знать план работы, чтобы скорректировать затраты на производство. На этом этапе выделяются важные задачи и отсекаются зависимые, которые можно без вреда для проекта убрать для уменьшения затрат.

3) Большую роль играет документация. Одна из самых распространенных ошибок в ходе исчисления стоимости проекта – это отсутствие учёта стоимости подготовки документации.

4) Квалификация сотрудников. Для быстрой и эффективной работы необходимо, чтобы каждый из участников проекта имел познания в предметной области и общие сведения для решения всех возникших в ходе работы проблем. Как правило, необходимо изначально рассматривать ситуацию, где уровень квалификации сотрудников ниже требуемого, для осуществления объективной оценки и прогнозирования затрат, возникающих на этой почве.

5) Планирование проекта и написание технического задания. Необходимо выделять все ограничения к проекту исходя из договора с заказчиком. Любые дополнительные работы, не входящие в условия договора, могут существенно поднимать конечную стоимость как самого проекта, так и готового продукта.

6) Предварительные показы наработок заказчику для выявления изменения в требованиях. Чем чаще будет демонстрироваться проделанная работа, тем проще участникам проекта сориентироваться, если требования заказчика изменятся. Нередка ситуация, когда изменение, которое просит сделать заказчик, требует кардинального изменения всей работающей системы, что вытекает в риск просрочить выполнение работы и дополнительных расходах.

7) Выбор неверных IT-технологий. Ничто не поднимает так сильно риски и стоимость проекта, как неверный подход к решению проблемы. Для минимизации этого критерия, зачастую делают дополнительные расчеты (которые идут в общую стоимость проекта) на то, что специалистам потребуется изучение новых технологий.

Таким образом бюджет на осуществление проекта распределяется следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Процентное соотношение бюджета на этапах осуществления проекта

Процентное соотношение	Этап	Описание
20 %	Спецификация	Формулировка требований и условий к проекту
25 %	Проектирование	Разработка и верификация проекта
20 %	Разработка	Написание кода и осуществление тестирования написанных модулей
35 %	Тестирование продукта и интеграция	Объединение модулей в единое целое с последующим тестированием продукта

Составлено авторами

Данные расчеты представлены без учёта сопровождения, которое предполагает внесение изменений в программу и исправление ошибок в случае несоответствия первоначальным требованиям. Зачастую сопровождение занимает большую долю конечной стоимости проекта, именно поэтому возрастает важность предварительных показов [12].

Теперь рассмотрим вышеперечисленное в контексте IoT. На стадии проектирования мы имеет следующие преимущества: небольшой объем передаваемых данных и простоту. Как правило, вся передаваемая информация между датчиками и сенсорами не превышает мегабайта, так как основная информация представляется в виде простых чисел, которые необходимы устройству для корректировки текущего поведения и проявления активности. Простота – ключевое требование к реализации IoT. Пользователи предпочитают те устройства, которые наиболее дружелюбны по отношению к ним, из-за чего возникает потребность в реализации понятного и простого внешнего интерфейса [13].

Первый критерий, который определяет конечную стоимость проекта интернета вещей – это масштабируемость. Масштабируемость подразумевает способность поддерживать тысячи, а то и миллионы устройств в одной сети. Таким образом от добавления новых устройств не должны возникать непредвиденные ошибки или неисправность системы. Это очень важно, так как основная концепция завязана на коммуникации между объектами, заключенными под одной сетью. Поэтому необходимо учитывать объем следующих баз данных (табл. 2).

Таблица 2

Основные базы данных с описанием хранимой в них информации

Название базы данных	Хранящаяся информация
Информация о пользователях	Информация имеет как временный, так и постоянный характер. Как правило, здесь хранится основная информация о пользователях интернета вещей, то есть, информация о человеке. Как правило данные отсюда берутся для двух случаев: 1) Проверить, должны ли устройства реагировать на того или иного человека. 2) Как они должны реагировать, если информация о человеке содержится в базе данных.
Местонахождение пользователей	Проверяется активность человека и исходя из его местоположения приводит в активность необходимые устройства. Если человек не находится в зоне активности устройства, то оно находится в режиме энергосбережения (именно поэтому интернет вещей часто используется для сокращения расходов на электропитание в крупных предприятиях).
Авторизованные устройства	Здесь хранится информация о типе оборудования, которое имеется в общей сети. В первую очередь, важность этой базы данных заключается в безопасности и сохранении конфиденциальной информации.

Название базы данных	Хранящаяся информация
Аутентификация пользователей	Содержит ключи аутентификации. По ним определяется, может ли пользователь авторизоваться в сети, а также по ним предоставляется соответствующая информация из информации о пользователях и местонахождении пользователей.

Составлено авторами

Итак, подведем промежуточные итоги:

- в большинстве идентичных проектов у нас будут аналогичные базы данных, из-за чего сложность работы с ними снижается, а значит и конечная стоимость будет ниже;
- базы данных идентичных проектов обладают внушительным объемом, следовательно, необходимы более трудозатратные модели тестирования и поддержка баз данных после интеграции, что влечет за собой дополнительные расходы.

Важным аспектом технологии IoT, весомо влияющим на стоимость разработки, является информационная безопасность. Помимо нарушения конфиденциальности традиционных сетей связи (повторы, подслушивания, искажения информации и т. д.), появляются проблемы с защитой потребительской составляющей. Большую опасность представляет управление устройствами с помощью межмашинного взаимодействия (M2M) [14]. Ни одну написанную человеком программу нельзя считать полностью безошибочной и безопасной, для любой системы существует этап сопровождения, направленный на исправление ошибок, корректирования. Датчики в интернет-устройствах также не исключение. По мере усиления роли таких устройств в жизни человека, будет увеличиваться угроза безопасности данных, даже самых незначительных, что может представить опасность для жизни как физических, так и юридических лиц.

Говоря об IoT, стоит затронуть важную составляющую самого названия концепции – интернета. Для полноценной реализации требуется два компонента: широкий территориальный охват и проникающая способность. Информация должна быстро передаваться через большие расстояния без потерь и искажения конечных данных. К тому же она должна спокойно преодолевать препятствия, ведь зачастую нам потребуется использовать общую сеть находясь, например, под землей (подземная парковка). Решением поставленных проблем является технология Low-Power Wide-Area Network (сокращенно LPWAN) – энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия [15]. Данная технология разрабатывалась для межмашинного общения и обладает 50-ти километровой дистанцией взаимодействия между разными устройствами. Одна станция способна покрыть тысячи квадратных километров, а отсутствие высоких объемов передаваемой информации позволяет удешевить обслуживание такой сети. Таким образом LPWAN удовлетворяет всем требуемым критериям и существенно уменьшает конечную стоимость интернета вещей, позволяя сконцентрироваться на осуществлении информационной безопасности и корректной работы баз данных.

LPWAN используется как альтернатива сотовым сетям, которые рассматривались как кандидат на беспроводную IoT-среду. В отличие от своего аналога, общая стоимость модулей LPWAN в два раза дешевле модулей LTE, таким образом затраты на размещение LPWAN значительно меньше, чем строительство LTE-станций [16].

Для реализации проекта IoT могут использоваться устройства итальянской компании Arduino. Эти устройства знамениты благодаря своей гибкости, так как могут взаимодействовать с кнопками, моторами, диодами, камерами, громкоговорителями, GPS, интернетом и даже смартфонами и телевизорами. Устройства обладают двумя секциями: программное обеспечение, являющееся на данный момент полностью бесплатным, и аппаратное

обеспечение, обладающее низкой стоимостью. Благодаря простоте обучения работе с аппаратным и программным обеспечением Arduino, данная аппаратно-программная платформа имеет огромное сообщество пользователей. К тому же Arduino – открытый источник, то есть, каждый может узнать, как его спроектировать. Услугами компании пользуются люди из-за понятного интерфейса и открытого кода, что предусматривает создание собственных программ. Из-за своей доступности и простоты, большинство клиентов решаете проводить инсталляцию самостоятельно. С чем это связано? В первую очередь, это намного дешевле и проще, а, во-вторых, большинство фирм накручивают цены на услуги инсталляции, искусственно повышая конечную стоимость продукта. Перед потребителем всегда стоит выбор: либо установить все самостоятельно, либо воспользоваться услугами квалифицированного специалиста, причем первый вариант чаще всего оказывается предпочтительным. Исходя из этого, компаниям, выпускающие продукцию IoT этот аспект не выгоден, однако он положительно сказывается на популярности самой продукции среди клиентов.

Конечная цена после всех рассмотренных аспектов, необходимых для функционирования IoT, наиболее наглядно меняется в зависимости от объема информации, хранимой в базах данных (БД), и затрат на информационную безопасность (ИБ) (рис. 1). Зависимость довольно простая: чем больше информации, чем сложнее уследить за сохранностью каждого компонента, что может быть похищен в целях нанесения морального и физического вреда.

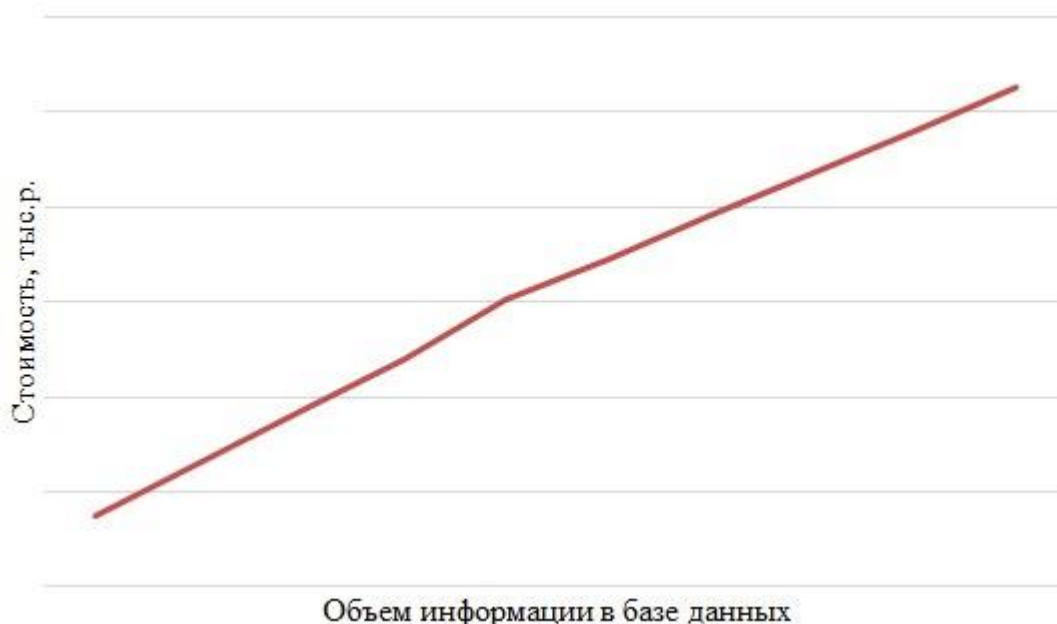


Рисунок 1. Зависимость стоимости на информационную безопасность от объема информации (составлено авторами)

Вместе с тем затраты на информационную безопасность зависят от сложности системы, которой необходимо осуществить надежную сохранность данных. Ниже приведен график зависимости затрат на информационную безопасность, предлагаемую компанией «Вымпел», от сложности информационной системы (рис. 2) [17].

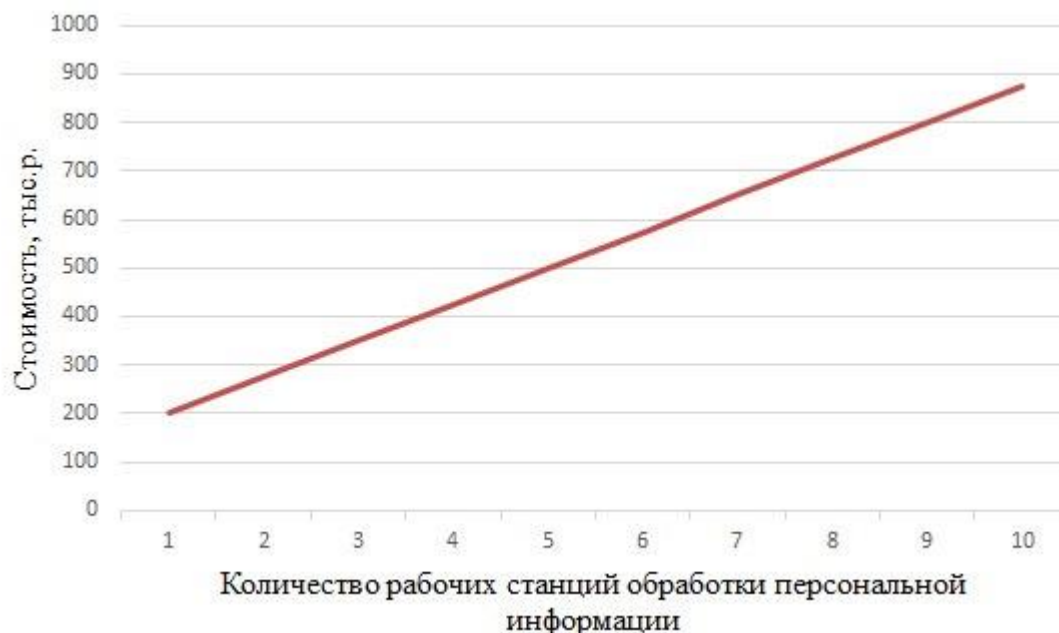


Рисунок 2. Зависимость стоимости от количества рабочих станций обработки персональных данных

Дополним данные посредством метода PERT, по которому мы посчитает наиболее вероятную стоимость проекта, связанного с IoT.

Для подсчета используем популярную платформу для проектов, связанных с интернетом вещей, Microsoft – Azure. Эта платформа имеет множество преимуществ, среди которых – эластичность и высокая доступность. Рассмотрим ее использование на примере сервисов Remoto и Dealer Mobility, разработанных Bright Box.

Remoto предназначен для владельцев авто и дает им возможность дистанционно управлять автомобилем с помощью смартфона. Решение состоит из Telematics Control Unit – TCU, устанавливаемого в машину, мобильного приложения и аналитической системы, развернутой в облаке.

Dealer Mobility – это сервис, с помощью которого автовладельцы могут проверить техническое состояние своей машины, пообщаться с дилером. Проект представляет собой OBD-устройство (устройство для диагностики автомобиля), встроенное в автомобиль и мобильное приложение, позволяющее провести диагностику, получить консультацию специалиста, записаться на ремонт. Также приложение может вовремя оповестить о поломках и напомнить о запланированном визите в автоцентр.

Как уже было сказано, в основе продуктов Bright Box лежит облачная платформа Microsoft Azure. Ядром решений является набор микросервисов Service Fabric. Для хранения данных предусмотрены Blob Storage, плюс используются средства распределенного кэширования Azure Redis Cache. Для работы с географическими данными есть PostgreSQL.

Попробуем рассчитать стоимость такого проекта с учетом цен, предлагаемых Microsoft на данный момент (2017 год) [18]:

Service Fabric

Цены на данный микросервис зависят от необходимой для проекта вычислительной мощности и варьируются от 1.250 руб./час (1 ядро, 0.75 ГБ ОЗУ, 20 ГБ временного хранилища) до 603.125 руб./час (32 ядра, 448 ГБ ОЗУ, 6144 ГБ временного хранилища) за одну вычислительную машину.

Blob Storage

Цены на хранение данных в данном сервисе зависят от уровня доступа хранилища блочных BLOB-объектов ("горячий", "холодный") и выбранного варианта избыточности. Данные приведены в таблице 3, стоимость указана за 1 ТБ в месяц.

Таблица 3

Цены на Blob Storage

	Горячий	Холодный
Первые 50 ТБ в месяц	1,3 руб.	0,95 руб.
Следующие 450 ТБ/месяц	1,25 руб.	0,95 руб.
Более 500 ТБ/месяц	1,2 руб.	0,95 руб.

Составлено авторами

Azure Redis Cache

Цена зависит от размера кэша, производительности сети и количества клиентских подключений. Данные для средства распределенного кэширования указаны в таблице 4.

Таблица 4

Цены на Azure Redis Cache

Размер кэша	Производительность сети	Количество клиентских подключений	Цена за сегмент
6 ГБ	Средняя	7500	34,69 руб./час
13 ГБ	Высокая	15000	69,38 руб./час
26 ГБ	Высокая	30000	138,69 руб./час
73 ГБ	Наивысшая	40000	277,50 руб./час

Составлено авторами

PostgreSQL

Для данного сервиса цена зависит от количества единиц вычисления и уровня ("Базовый", "Стандартный"), данные указаны в таблице 5.

Таблица 5

Цены на PostgreSQL

Кол-во ед. вычисления	Базовый	Стандартный
50	1,2781 руб./час	-
100	2,5563 руб./час	6,0875 руб./час
200	-	12,1750 руб./час
400	-	24,35 руб./час
800	-	48,7 руб./час

Составлено авторами

Таким образом сформулируем оптимистичный, пессимистичный и наиболее вероятный сценарии расходов за месяц (примем его за 732 часа) на базу данных объемом 500 ГБ (табл. 6). Значения указаны в рублях/месяц.

Таблица 6

Сценарии расходов за месяц (составлено авторами)

Сценарий	Service Fabric (3 виртуальные машины)	Blob storage	Azure Redis Cache	PostgreSQL
Оптимистичный	2745,00	475	25393,08	935,5692
Пессимистичный	1324462,50	627,5	203130	35648,4
Наиболее вероятный	181170,00	627,5	101521,08	8912,1

Составлено авторами

Исходя из табличных данных, получаем следующие сценарии:

- 1) $O = 29548,6492$ рублей/месяц – оптимистичный.
- 2) $P = 1563968,4$ рублей/месяц – пессимистичный.
- 3) $M = 292230,68$ рублей/месяц – наиболее вероятный.

Используя формулу (2) получим:

$$E = \frac{(29548,6492 + 4 \times 292230,68 + 1563868,4)}{6} = 460390 \text{ рублей/месяц}$$

Итог: наиболее вероятные затраты, связанные с IoT проектом на платформе Azure оцениваются в 460390 рублей в месяц.

Выводы

Стоимость интернета вещей измеряется по большей части объемом информации, содержащейся в базах данных. Низкая цена инсталляции и технология LPWAN позволяет снизить количество затрат на интернет составляющую. Также в зависимости от объема информации будут расти расходы на информационную безопасность, в связи с чем важность этого аспекта не вызывает сомнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреева А. И. "Интернет вещей" и область его использования // Инновационное развитие. 2017. №2500-3887.
2. Ермакова Н. Е., Константинов Е. С. Интернет вещей // Сборник научных трудов вузов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". 2015. №2500-3887.
3. Лоуренс К. Интернет вещей и информационная безопасность // Защита информации. Инсайд. 2013. №2413-3582.
4. Забурдаева И. В. Информационная безопасность в современном обществе (анализ зарубежного опыта) // Труд и социальные отношения. 2008. №2073-7815.
5. Перепелкин Д. А. Программно-конфигурируемые сети: новый подход к маршрутизации потоков данных в компьютерных сетях // Новые информационные технологии в научных исследованиях. 2016.
6. Интернет вещей в России и мире: что думают интеграторы и чего ждёт рынок // Хабрахабр [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/company/madrobots/blog/238023/> (дата обращения: 01.11.2017).

7. Рынок IoT. Оценок много, нет консенсуса // Хабрахабр [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/company/huawei/blog/312888/> (дата обращения: 01.11.2017).
8. Machina Research [Электронный ресурс]. – URL: <https://machinaresearch.com/news/the-global-iot-market-opportunity-will-reach-usd43-trillion-by-2024/> (дата обращения: 02.11.2017).
9. Бондарик В. Н., Кучерявый А. Е. Прогнозирование развития интернета вещей на горизонте планирования до 2030 года // Труды Московского физико-технического института. 2013. №2072-6759.
10. IDC делает прогнозы об интернете вещей // ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ. СУБД. 2014.
11. Евдокимов И. В., Яценков К. Г., Телков А. Ю., Татауров В. А. Экспертные методы оценки трудоёмкости разработки программных проектов // Экономика и менеджмент систем управления. 2017. Т. 24. № 2.2. С. 272-276.
12. Пашковская А. Г. Методы и модели реинжиниринга бизнес-процессов по сопровождению программного продукта: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. СПб., 2005.
13. Евдокимов И. В., Коваленко М. А., Мелех Д. А. Управление разработкой и внедрением учётной информационной системы // Научное обозрение. Экономические науки. 2017. № 4. С. 34-39.
14. Губарев В. В., Мищенко В. К., Мищенко П. В. Средства межмашинного взаимодействия для реализации параллельных алгоритмов в распределенных вычислительных системах // Сборник статей всероссийской научно-практической конференции. 2013.
15. Чачин П. Использование радиотехнологий LPWAN для рынка IoT // Электроника: наука, технология, бизнес. 2017. №1992-4178.
16. Тихвинский В. О. LTE World summit-2012: требуется ускорение развития LTE // Электросвязь. 2012. №0013-5771.
17. Вымпел [Электронный ресурс]. – URL: <http://cbi-vimpel.ru/> (дата обращения: 04.11.17).
18. Microsoft Azure [Электронный ресурс]. – URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/> (дата обращения: 10.11.2017).

Evdokimov Ivan Valeryevich

Siberian federal university, Russia, Krasnoyarsk
E-mail: evd-ivan@yandex.ru

Alalwan Ameen Raad Jihad

Siberian federal university, Russia, Krasnoyarsk
E-mail: ameenraad2@gmail.com

Timofeev Nikita Alekseevich

Siberian federal university, Russia, Krasnoyarsk
E-mail: Creshik98@mail.ru

Nekhonoshin Sergey Ruslanovich

Siberian federal university, Russia, Krasnoyarsk
E-mail: space.trucking@mail.ru

Internet of things in the context of software engineering economics and project cost management

Abstract. The current situation in the information technology market is caused by the high growth of the popularity of the Internet of Things. Many enterprises show great interest in the introduction of this technology, because it is able to automate a large number of various production processes, and already now, the Internet of Things is actively being introduced into industrial facilities. For the full use of the Internet of Things in software engineering, it is necessary to consider this technology from the side of valuation. Often, the customer needs to know the final cost before the product is ready, so there is a need to estimate the financial and time costs for the project at the design stage. The authors set a goal: using the parametric estimation to give the most accurate calculations of the final cost and the dependence of the value of the Internet of Things on the parameters by which the value changes. Thus, the article explores all aspects of Internet of things, on which the dependence of value on these very aspects is constructed. The results of the studies are supplemented by calculations using the Program Evaluation and Review Technique method and conclusions are made regarding the costs of implementing the Internet of Things project.

Keywords: internet of things; project cost; software engineering economics; parametric methods; Program Evaluation and Review Technique; inter-machine interaction; LPWAN; information security