

004

Р555

«Инфра-Инженерия»

Е. В. Глушак

ОБЛАЧНЫЕ И ТУМАННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ:

АРХИТЕКТУРА,
МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ПРИМЕНЕНИЕ

Е. В. Глушак

**ОБЛАЧНЫЕ И ТУМАННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ:
АРХИТЕКТУРА, МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ПРИМЕНЕНИЕ**

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 004.9

ББК 32.81

Г55

Рецензенты:

доктор технических наук, директор института информатики и кибернетики

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика

С. П. Королева» Куприянов А. В.;

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектронных систем ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций

и информатики» Клюев Д. С.

Глушак, Е. В.

Г55

Облачные и туманные вычисления: архитектура, моделирование, применение : монография / Е. В. Глушак. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 180 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-2506-3

Монография посвящена детальному исследованию уникальных черт облачных и туманных вычислений. Анализируется применение этих технологий в различных сферах, проводится моделирование туманных вычислений с целью анализа и минимизации задержек, оценка производительности различных сценариев, включая пропускную способность, использование ресурсов и время отклика. Исследуются методы распределения нагрузки между серверами и устройствами с целью улучшения общей производительности системы.

Для широкого круга специалистов и исследователей в области информационных технологий и инженерии. Может быть полезно разработчикам программного обеспечения, инженерам по сетям и системам связи, студентам технических специальностей, а также аспирантам, работающим над диссертациями в области облачных и туманных вычислений.

534733

УДК 004.9

ББК 32.81

ISBN 978-5-9729-2506-3

БИБЛИОТЕКА

ФГАОУ ВО

Сибирский федеральный

институт

© Глушак Е. В., 2025

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| РАЗДЕЛ 1. Теоретические основы облачных вычислений..... | 7 |
| 1.1. Облачные вычисления: понятия и определения | 7 |
| 1.2. История развития облачных вычислений | 9 |
| 1.3. Перспективы развития облачных вычислений | 11 |
| 1.4. Влияние облачных вычислений на центры обработки данных | 14 |
| 1.5. Области применения облачных вычислений | 15 |
| 1.5.1. Применение облачных вычислений в медицине | 17 |
| 1.5.2. Применение облачных вычислений в промышленном Интернете вещей | 22 |
| 1.6. Проблемы безопасности и конфиденциальности данных в облачных вычислениях..... | 28 |
| 1.7. Технические ограничения и сложности интеграции облачных технологий с Интернетом вещей | 33 |
| 1.8. Преимущества и недостатки в использовании облачных вычислений | 34 |
| РАЗДЕЛ 2. Теоретические основы туманных вычислений | 36 |
| 2.1. Туманные вычисления: понятия и определения | 36 |
| 2.2. История развития туманных вычислений | 37 |
| 2.3. Понятие граничных вычислений | 38 |
| 2.4. Перспективы развития туманных технологий в России и за рубежом | 41 |
| 2.5. Области применения туманных вычислений | 45 |
| 2.5.1. Применение туманных вычислений в сфере медицины | 46 |
| 2.5.2. Применение туманных вычислений в сфере Интернета вещей | 50 |
| 2.6. Преимущества и недостатки в использовании туманных вычислений | 52 |
| 2.7. Проблемы безопасности и конфиденциальности данных в туманных вычислениях..... | 54 |
| 2.8. Сравнение облачных и туманных вычислений..... | 57 |
| 2.9. Будущее туманных вычислений | 58 |
| 2.10. Влияние искусственного интеллекта и машинного обучения на развитие облачных и туманных вычислений | 59 |
| 2.11. Проблемы в сфере облачных и туманных вычислений | 59 |
| РАЗДЕЛ 3. Модели и методы исследования туманных вычислений | 61 |
| 3.1. Модели с использованием теории графов | 62 |
| 3.2. Статистические модели | 65 |
| 3.3. Модели дискретных событий | 66 |
| 3.4. Оптимизационные модели | 69 |

| | |
|--|------------|
| 3.5. Модели теории управления | 71 |
| 3.6. Модели на основе обучающих алгоритмов | 74 |
| 3.7. Метод моделирования туманных вычислений..... | 77 |
| 3.8. Методы машинного обучения в исследованиях туманных вычислений | 79 |
| РАЗДЕЛ 4. Разработка приложений Low Latency..... | 82 |
| 4.1. Разработка приложения для промышленного Интернета вещей | 82 |
| 4.2. Разработка приложения для медицинских сетей | 89 |
| 4.3. Исследование приложений для игр в реальном времени | 95 |
| РАЗДЕЛ 5. Проблемы внедрения туманных вычислений | 101 |
| 5.1. Сложности перехода на туманные технологии..... | 102 |
| 5.2. Проблемы совместимости и стандартизации | 102 |
| РАЗДЕЛ 6. Существующие системы моделирования для туманных вычислений | 104 |
| РАЗДЕЛ 7. Моделирование туманных вычислений..... | 108 |
| 7.1. Установка программы FogTorch..... | 108 |
| 7.2. Задание исходных данных..... | 111 |
| 7.3. Процесс моделирования | 117 |
| 7.4. Оценка результатов | 118 |
| 7.5. Изменение параметров и оценка результатов | 122 |
| 7.6. Рекомендации по полученным результатам..... | 132 |
| 7.7. Моделирование в программе iFogSim | 133 |
| 7.8. Анализ полученных данных..... | 142 |
| 7.9. Расчет задержки доставки данных в концепции туманных вычислений | 159 |
| 7.10. Описание разработанной программы для расчета параметров туманных вычислений | 160 |
| 7.11. Дальнейшие исследования | 164 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 166 |
| ГЛОССАРИЙ | 170 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ | 178 |

ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия информационные технологии претерпели значительные изменения, сопровождаемые стремительным развитием облачных и туманных технологий. Новейшие подходы к управлению данными и вычислительными ресурсами открывают перед бизнесом и наукой новые горизонты, позволяя эффективно решать задачи, которые ранее казались непосильными. Облачные технологии, обеспечивающие доступ к ресурсам через Интернет, утвердились в качестве стандарта в сфере вычислений и хранения данных, предоставляя гибкость, масштабируемость и экономическую эффективность.

Туманные технологии, представляющие собой эволюцию облачных вычислений, фокусируются на обработке данных и предоставлении сервисов ближе к пользователю. Как оказалось, это свойство особенно актуально в эпоху Интернета вещей (IoT), когда огромное количество устройств генерирует данные в режиме реального времени, требуя быстрого реагирования и минимизации задержек.

Внедрение туманных вычислений сопряжено с рядом проблем, которые необходимо учитывать для успешной реализации этой технологии. Туманные технологии предполагают обработку и хранение данных вне централизованных дата-центров, что увеличивает риски утечек и атак. Становится необходимым применять эффективные меры шифрования и аутентификации. Также туманные вычисления требуют продуманного управления распределенными ресурсами, чтобы обеспечить их оптимальное использование и минимизировать задержки. А, в свою очередь, отсутствие общепринятых стандартов и протоколов для туманных вычислений может затруднить интеграцию различных систем и устройств.

Для эффективной работы туманных вычислений необходимо надежное и высокоскоростное сетевое покрытие. Появляется необходимость в эффективных механизмах управления данными, чтобы перерабатывать и хранить информацию в реальном времени, с учетом ее безопасности и доступности. Масштабирование решений в области туманных вычислений может быть сложным, особенно при увеличении количества узлов и устройств в системе. Преодоление перечисленных проблем требует комплексного подхода, включающего различные технологии, процессы и ресурсы.

В данной монографии проводится исследование как облачных, так и туманных вычислений, рассматривается их архитектура, преимущества и недостатки, а также области применения. Исследование включает анализ современных подходов, таких как безопасность данных, управление ресурсами и оптимизация сетевых архитектур, а также изучение проблем внедрения облачных и туманных решений в различные отрасли. При написании монографии было стремление не только представить подробную теоретическую базу, но и практические инструменты для внедрения этих технологий в повседневную практику.

В монографии проводится анализ существующих подходов и разработок, а также рассмотрение практических примеров применения облачных и туманных

вычислений в различных отраслях, благодаря чему можно глубже понять их влияние на цифровую трансформацию и будущее информационных технологий.

Также отметим, что моделирование туманных вычислений стало важной темой в области информационных технологий и сетевой архитектуры из-за ряда факторов, связанных с развитием IoT, увеличением объема данных и требований к обработке в реальном времени. Благодаря моделированию можно оптимизировать распределение ресурсов (вычислительных, сетевых и хранилищных), поэтому снижаются затраты на инфраструктуру и можно улучшить использование существующих ресурсов. Также отметим, что моделирование может помочь в создании более устойчивых систем, которые могут продолжать функционировать даже при сбоях в облачных ресурсах или центральных серверах. Эффективное имитационное моделирование туманных вычислений позволяет лучше координировать взаимодействие между различными устройствами и узлами в сети, что считается необходимым для IoT-приложений, где наличие большого числа устройств требует тщательной синхронизации.

Безусловно, моделирование туманных вычислений является важным инструментом для решения современных проблем в области обработки данных, повышения эффективности и обеспечения безопасности распределенных систем. Именно по этим причинам в данной монографии предложены результаты моделирования с целью анализа и минимизации задержек, а также оценка производительности различных сценариев, включая пропускную способность, использование ресурсов и время отклика.

Конечно же, и исследования в области защиты данных и обеспечения конфиденциальности пользователей в туманных вычислениях будут оставаться актуальными. С распространением новых сетевых технологий, таких как 5G и будущие 6G, туманные вычисления могут значительно эволюционировать. Дальнейшие исследования будут сосредоточены на том, как оптимально интегрировать эти технологии для улучшения производительности и сокращения задержек.

Также в дальнейшем предполагается разработка алгоритмов для быстрой и эффективной обработки больших объемов данных, генерируемых IoT-устройствами. Подходы к созданию гибридных архитектур, которые объединяют облачные и туманные вычисления, исследование мобильных туманных вычислений, также будут актуальны для обеспечения гибкости и масштабируемости. В итоге становится необходима разработка методов управления ресурсами в туманных вычислениях, чтобы улучшить использование вычислительных мощностей и сетевых ресурсов.

В целом, будущее исследований в области туманных вычислений будет сосредоточено на оптимизации систем, повышении безопасности и конфиденциальности, а также на интеграции с новыми технологиями и расширении спектра их применения.