

004
P555

И «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.

354733



УДК 004.9
ББК 32.81

ISBN 978-5-9729-2506-3

© 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.