

## Предисловие

Кому стоит прочесть эту книгу

Что нового во втором издании

Список литературы и дополнительные материалы

Условные обозначения

Благодарности

## Глава 1. Компромиссы в архитектуре информационных систем

Оперативные и аналитические системы

Характеристики транзакционной и аналитической обработки

Хранение данных

Системы учета и производные данные

Размещение в облаке и локально

Достоинства и недостатки облачных сервисов

Архитектура облачной системы

Эксплуатация в эпоху облачных технологий

Распределенные и одноузловые системы

Проблемы распределенных систем

Микросервисы и бессерверные вычисления

Облачные вычисления и суперкомпьютеры

Системы данных, право и общество

Резюме

Библиография

## Глава 2. Нефункциональные требования

Пример: главная лента новостей социальной сети

Представление пользователей, сообщений и подписчиков

Материализация и обновление лент новостей

Описание производительности

Задержка и время отклика

Среднее, медиана и процентиля

Использование метрик времени отклика

Надежность и отказоустойчивость

Отказоустойчивость

Аппаратные и программные сбои

Человеческий фактор

Масштабируемость

Изучение нагрузки

Архитектуры с общей памятью, общим диском и без общих ресурсов

Принципы масштабируемости

Удобство сопровождения

Удобство эксплуатации

Простота: регулируем сложность

Возможность развития: облегчаем внесение изменений

Резюме

Библиография

### Глава 3. Модели данных и языки запросов

Реляционная модель в сравнении с документной

Объектно-реляционное несоответствие

Нормализация, денормализация и соединения

Отношения «многие-к-одному» и «многие-ко-многим»

Звезды и снежинки: схемы для аналитики

Когда и какую модель использовать

Графоподобные модели данных

Графы свойств

Язык запросов Cypher

Графовые запросы в SQL

Хранилища триплетов и SPARQL

Datalog: рекурсивные реляционные запросы

GraphQL

Регистрация событий и CQRS

Матрицы, массивы и таблицы DataFrame

Резюме

Библиография

### Глава 4. Подсистемы хранения и извлечение данных

Хранение и индексирование для OLTP

Журнально-структурированное хранилище

Сравнение B- и LSM-деревьев

Многоколоночные и вторичные индексы

Хранение значений в индексах

Храним все в памяти

Хранение данных для аналитики

Облачные склады данных

Столбцовое хранилище

Выполнение запросов: компиляция и векторизация

Кубы данных и материализованные представления

Многомерные и полнотекстовые индексы

Полнотекстовый поиск

Векторные представления

Резюме

Библиография

### Глава 5. Кодирование и эволюция

Форматы кодирования данных

Форматы, ориентированные на конкретные языки

JSON, XML и двоичные типы данных

Protocol Buffers

Avro

Достоинства схем

Режимы движения данных

Поток данных через БД

Поток данных через сервисы: REST и RPC

Долговременное выполнение и потоки заданий

Событийно-ориентированные архитектуры

Резюме

Библиография

## Глава 6. Репликация

Репликация с одним ведущим узлом

Синхронная и асинхронная репликация

Создание новых ведомых узлов

Перебои в обслуживании узлов

Реализация журналов репликации

Проблемы задержки репликации

Решения проблемы задержки репликации

Репликация с несколькими ведущими узлами

Географически распределенные операции

Обработка конфликтов записи

Репликация без ведущего узла

Запись в базу данных при отказе одного из узлов

Производительность репликации с одним ведущим узлом и без него

Эксплуатация в нескольких регионах

Обнаружение конкурентных операций записи

Резюме

Библиография

## Глава 7. Шардинг

Достоинства и недостатки шардинга

Шардинг для многоарендной архитектуры

Шардинг данных типа «ключ — значение»

Шардинг по диапазонам значений ключа

Шардинг по хешу ключа

Асимметричные нагрузки и разгрузка горячих точек

Эксплуатация: автоматическая или ручная перебалансировка

Маршрутизация запросов

Шардинг и вторичные индексы

Локальные вторичные индексы

Глобальные вторичные индексы

Резюме

Библиография

## Глава 8. Транзакции

Что такое транзакция на самом деле

Смысл аббревиатуры ACID

Однообъектные и многообъектные операции

Слабые уровни изоляции

Чтение зафиксированных данных

Изоляция снимков состояния и воспроизводимое чтение

Предотвращение потери обновлений

Асимметрия записи и фантомы

Сериализуемость

Последовательное выполнение

Двухфазная блокировка

Сериализуемая изоляция снимков состояния

Распределенные транзакции

Двухфазная фиксация

Распределенные транзакции между системами

Распределенные транзакции внутри базы данных

Снова об обработке сообщений точно один раз

Резюме

Библиография

## Глава 9. Проблемы распределенных систем

Сбой и частичные отказы

Ненадежные сети

Ограничения TCP

Сетевые сбои на практике

Обнаружение сбоев

Время ожидания и неограниченные задержки

Асинхронные и синхронные сети

Ненадежные часы

Монотонные часы и часы истинного времени

Синхронизация часов и их точность

Ненадежность синхронизированных часов

Паузы при выполнении процессов

Знание, истина и ложь

Истина определяется большинством

Распределенные блокировки и аренда

Византийские сбои

Модели системы на практике

Формальные методы и рандомизированное тестирование

Резюме

Библиография

Глава 10. Согласованность и консенсус

Линеаризуемость

Что делает систему линеаризуемой

Опора на линеаризуемость

Реализация линеаризуемых систем

Цена линеаризуемости

Генераторы идентификаторов и логические часы

Логические часы

Линеаризуемые генераторы идентификаторов

Консенсус

Многоликость консенсуса

Консенсус на практике

Сервисы координации

Резюме

Библиография

Глава 11. Пакетная обработка

Пакетная обработка средствами Unix

Простой анализ журнала

Что лучше: цепочка команд или программа?

Сортировка или агрегирование в памяти?

Пакетная обработка в распределенных системах

Распределенные файловые системы

Объектные хранилища

Оркестрация распределенных заданий

Модели пакетной обработки

MapReduce

Движки потоков данных

Перетасовка данных

Соединения и группировка

Языки запросов

DataFrames

Сценарии использования пакетной обработки

Извлечение – Преобразование – Загрузка

Аналитика

Машинное обучение

Предоставление доступа к производным данным

Резюме

Библиография

## Глава 12. Поточковая обработка

Передача потоков событий

Системы обмена сообщениями

Брокеры на основе журналов

Базы данных и потоки

Синхронизация систем

Перехват изменений данных

Состояние, потоки и неизменяемость

Обработка потоков

Применение обработки потоков

Рассуждения о времени

Соединения потоков

Отказоустойчивость

Резюме

Библиография

## Глава 13. Будущее информационных систем

Интеграция данных

Объединение специализированных инструментов путем сбора информации

Пакетная и потоковая обработка

Отделение от баз данных

Объединение технологий хранения данных

Проектирование приложений на основе потока данных

Наблюдение за производными состояниями

Стремление к корректности

Сквозные аргументы в базе данных

Принудительные ограничения

Своевременность и целостность

Доверяй, но проверяй

Резюме

Библиография

## Глава 14. Делать что должно

Предсказательная аналитика

Предвзятость и дискриминация

Ответственность и подотчетность

Замкнутая обратная связь

Конфиденциальность и отслеживание

Служка

Согласие и свобода выбора

Использование данных и конфиденциальность

Данные как капитал и власть

Вспомним индустриальную революцию

Законодательство и саморегулирование

Резюме

Библиография

Глоссарий

Об авторах

Иллюстрация на обложке