

ДОСЛІДЖЕННЯ І ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТА ВИБОРУ ПРОТОКОЛІВ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ МІКРОСЕРВІСАМИ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Об'єкт дослідження – процес взаємодії між мікросервісами в розподілених програмних системах, який охоплює механізми обміну даними, маршрутизації запитів і вибору протоколів комунікації (наприклад, HTTP, AMQP) між окремими сервісами. Цей процес включає передачу повідомлень через канали зв'язку, обробку запитів у реальному часі, а також координацію між сервісами для забезпечення ефективної роботи системи. Дослідження фокусується на оптимізації цього процесу з урахуванням таких метрик, як затримка, пропускна здатність, надійність і вартість, що є критично важливими для масштабованості та продуктивності розподілених систем. Особлива увага приділяється динамічній маршрутизації та адаптивному вибору протоколів, що дозволяє системі гнучко реагувати на зміни в навантаженні та конфігурації мережі.

Предмет дослідження – методи та протоколи взаємодії між мікросервісами (REST, gRPC, брокери повідомлень Kafka та RabbitMQ) та їх оптимізація з використанням генетичних алгоритмів.

Мета роботи – Підвищення ефективності різних способів взаємодії між мікросервісами за рахунок генетичного алгоритму та розробка програмного забезпечення для автоматичного вибору оптимальної конфігурації комунікацій на основі генетичних алгоритмів.

Метод дослідження – експериментальне тестування за допомогою інструментів моніторингу, зокрема Prometheus для збору метрик продуктивності, Jaeger для трейсингу запитів і Grafana для візуалізації даних у реальному час продуктивності (затримка, пропускна здатність, використання ресурсів) REST, gRPC, Kafka та RabbitMQ; застосування методів еволюційних обчислень (генетичних алгоритмів) для оптимізації комунікаційних параметрів.

Матеріали, методи та технічні засоби: об'єктно-орієнтоване програмування, мова програмування C# (.NET 8), середовище розробки Microsoft Visual Studio 2022, персональний комп'ютер з процесором Intel Core i5 під управлінням операційної системи Microsoft Windows 11, Docker для розгортання тестового середовища мікросервісів.

У ході дослідження здійснено огляд ключових аспектів предметної сфери, окреслено фундаментальні терміни, що стосуються предмету аналізу, цілі дослідницької та конструкторської діяльності, а також сформульовано суть проблеми, зумовлену завданням, з аргументацією її актуальності та обґрунтуванням необхідності розв'язання.

Було досліджено та проведено порівняльну характеристику існуючих методів оптимізації маршрутизації та вибору протоколів взаємодії між мікросервісами (метод найближчого сусіду, випадковий ліс, метод опорних векторів, нейронні мережі), який показав перевагу використання генетичних алгоритмів (ГА) для забезпечення гнучкості, адаптивності та низької похибки в багатокритеріальних задачах.

Розроблено ПП для дослідження та оптимізації взаємодії між мікросервісами в розподілених системах з використанням генетичних алгоритмів. Він являє собою набір бібліотек та класів (наприклад, ProtocolChromosome, ProtocolFitness), за допомогою яких можна створювати та досліджувати власні моделі маршрутизації та вибору протоколів (REST, gRPC, Kafka, RabbitMQ). Програмний продукт представлений у веб-застосунку, який зчитує конфігурацію з файлу запропонованого, виконує оптимізацію за допомогою восьми конфігурацій ГА та виводить результати у вигляді графіків, а також інтегрується з мікросервісним кластером на базі Docker для реального тестування.

Отримані результати дозволяють запропонувати ефективний метод для підвищення продуктивності та оптимізації ресурсів у мікросервісних системах, внаслідок чого зменшити затримки, підвищити надійність та знизити витрати на комунікацію в розподілених програмних комплексах.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що запропоновано модифікований генетичний алгоритм для оптимізації маршрутизації та вибору протоколів взаємодії між мікросервісами. Принципова відмінність запропонованого ГА від існуючих аналогів полягає у використанні кастомної фітнес-функції ProtocolFitness з нормалізацією метрик (latency, throughput, reliability, cost), інтеграцією алгоритму Дейкстри для обчислення шляхів та гібридними операторами (наприклад, стохастична універсальна вибірка з рівномірним кросовером і частковим перемішуванням).

Результати. Розроблено програмний застосунок, що імітує роботу розподіленої мікросервісної системи та дозволяє збирати метрики продуктивності різних способів взаємодії (REST, gRPC, Kafka, RabbitMQ). Застосування генетичного алгоритму дозволило автоматично підбирати комбінації протоколів та параметрів конфігурації для досягнення оптимальних показників системи.

Висновки. Створено програмний продукт, який дозволяє проводити аналіз і оптимізацію взаємодії між мікросервісами, що може бути

використано при проєктуванні та налаштуванні розподілених програмних комплексів.

Галузь використання – проєктування, тестування та оптимізація мікросервісних систем у комерційних та промислових IT-рішеннях.