

УДК 004.023

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВО-ВДОХНОВЕННЫХ ПОДХОДОВ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН

Пышьев Д.С.

студент, факультет программной инженерии и компьютерной техники, ИТМО,
Санкт-Петербург, Россия
506144@niuitmo.ru

Научный руководитель: Перл О.В.

ассистент, факультет программной инженерии и компьютерной техники, ИТМО,
Санкт-Петербург, Россия

Работа выполнена в рамках темы НИР «Применение квантово-вдохновленных и гибридных квантовых алгоритмов для задачи динамического распределения ресурсов в облачных дата-центрах».

Введение

Проблема VMP является NP-трудной комбинаторной задачей с множеством ограничений. Классические точные алгоритмы сталкиваются с экспоненциальным ростом вычислительной сложности при увеличении масштабов ЦОД, что делает поиск идеального решения в реальном времени практически невозможным [1]. С практической точки зрения эвристические и метаэвристические алгоритмы демонстрируют компромисс между качеством решений и временем их получения, но далеко не всегда дают гарантии близости к оптимальному решению при критических нагрузках. В свете указанных ограничений перспективным направлением является обращение к гибридным и квантово-вдохновленным методам, способным эффективно обрабатывать многокритериальные задачи в реальном времени. В условиях прогнозируемого роста нагрузки на российскую ИТ-инфраструктуру к 2030 году [2], разработка алгоритмов, способных балансировать между потреблением энергии и стабильностью системы, становится актуальной научной задачей.

Основная часть

Научная новизна работы заключается в разработке и исследовании модифицированной версии квантово-вдохновленного алгоритма роя частиц (QPSO), специально адаптированной для решения задачи VMP. В отличие от классического метода роя частиц, где движение объектов в пространстве поиска определяется их скоростью и текущим положением, квантово-вдохновленный подход использует принципы квантовой механики для расширения возможностей поиска [3].

При этом отличительной чертой разработанной модели в сравнении с существующими базовыми версиями QPSO является учет специфики многомерных ресурсов облачной среды, что позволило реализовать механизм одновременной оптимизации двух критериев: минимизации суммарного энергопотребления и повышения сбалансированности распределения нагрузки между узлами дата-центра.

Суть предлагаемого метода состоит в использовании квантовых битов (кубитов) для кодирования состояний размещения. Это позволяет алгоритму оперировать суперпозицией множества вариантов распределения виртуальных машин по физическим серверам. На этапе инициализации применяются квантовые вентили Адамара для обеспечения высокого разнообразия начальной популяции решений. Эволюция системы осуществляется через квантовые вентили вращения, которые корректируют вероятности состояний на основе накопленного глобального и

локального опыта роя, что позволяет перенести частицы в новые области пространства поиска более эффективно.

Для тестирования эффективности предложенного подхода выбрана среда моделирования CloudSim. Тестирование алгоритма проводилось для гетерогенных дата-центров с варьирующимся числом физических узлов и виртуальных машин. Эффективность алгоритма оценивалась посредством сравнительного анализа с традиционными эвристиками Best-Fit-Decreasing (BFD) и First-Fit-Decreasing (FFD), а также с метаэвристическими методами Genetic Algorithm (GA) и классическим Particle Swarm Optimization (PSO). В качестве ключевых метрик при оценке результатов использовались совокупное энергопотребление инфраструктуры и коэффициент сбалансированности нагрузки по узлам.

Выводы

На основе анализа современных методов и моделирования в CloudSim был разработан квантово-вдохновленный алгоритм размещения виртуальных машин. Проведен сравнительный анализ работы предложенного алгоритма и классических подходов (BFD, FFD, GA, PSO) по показателям энергопотребления и балансировки нагрузки. Оценка результатов осуществлялась по критериям минимизации суммарного энергопотребления и повышения сбалансированности распределения нагрузки между узлами дата-центра. Полученные результаты демонстрируют перспективность нового подхода для оптимизации задачи VMP - применяемый метод позволяет снижать энергозатраты и выравнивать загрузку серверов, что указывает на его эффективность в условиях реального облачного инфраструктурного моделирования.

Литература

1. Huynh D. V., Dobre O. A., Duong T. Q. Optimal Service Placement for 6G Edge Computing with Quantum-Centric Optimisation in Real Quantum Hardware // IEEE Communications Letters. — 2025. — Vol. 29, No. 3. — P. 448—452.
2. Десять деловых и технологических тенденций отрасли ЦОД в России в 2025 году [Электронный ресурс] : аналитический обзор / Ассоциация участников отрасли ЦОД. — Москва : Ассоциация участников отрасли ЦОД, 2025. — URL: <https://ict.moscow/static/095feefd-5b4f-5890-9676-16d7400c7210.pdf> (дата обращения: 05.01.2026).
3. Balicki J. Many-Objective Quantum-Inspired Particle Swarm Optimization Algorithm for Placement of Virtual Machines in Smart Computing Cloud // Entropy. — 2021. — Vol. 24, No. 1. — P. 58.

Пышьев Д.С. _____

Перл О.В. _____