

## Отзыв

**на автореферат диссертации Тугова Андрея Владимировича**  
«Модели и методы распределения информационных и вычислительных ресурсов  
гетерогенных центров обработки данных»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 2.3.8 — «Информатика и информационные процессы».

**Актуальность.** Диссертационное исследование Тугова А.В. посвящено решению одной из наиболее острых проблем современной ИТ-инфраструктуры — эффективному управлению ресурсами в гетерогенных центрах обработки данных, где традиционные CPU-серверы соседствуют с высокопроизводительными GPU-ускорителями. На фоне растущего спроса на вычисления в области искусственного интеллекта, больших данных и глубокого обучения, а также с учётом мировых тенденций повышения энергоэффективности, тема работы является безусловно актуальной и своевременной.

**Структура и логика изложения.** Автореферат выстроен логически стройно: от анализа проблем и существующих решений (глава 1) через разработку методов статического (глава 2) и динамического (главы 3–4) распределения ресурсов к практической реализации и внедрению (глава 5). Такая структура позволяет проследить полный цикл исследования — от теоретических выкладок до готового программно-аппаратного комплекса.

**Основные научные результаты.** Наиболее значимыми, на мой взгляд, являются следующие разработки:

- Многокритериальная модель первоначального размещения ВМ, учитывающая не только классические CPU-ресурсы, но и GPU-составляющую (vGPU, vGDDRAM). Использование муравьиного алгоритма для решения комбинаторной задачи с аддитивной свёрткой трёх критериев (энергопотребление, использование ресурсов, нарушения SLA) позволяет достичь сбалансированного решения, в отличие от «жадных» эвристик FF/BF.
- Адаптация метода группового учёта аргументов (МГУА) для прогнозирования загрузки серверов. Показано, что МГУА превосходит по точности МНК и локальную регрессию на реальных датасетах PlanetLab и Alibaba, что снижает количество ложных и обратных миграций.
- Критерий устойчивости системы, определяющий рациональный размер окна наблюдения с учётом вероятностного характера времени миграции. Для оценки последнего автор предлагает аппроксимацию плотности распределения рядом Лагерра.
- Двухкритериальный метод выбора целевых серверов при миграции, решаемый венгерским алгоритмом. Экспериментально подтверждён выигрыш по комбинированной метрике ESV (энергопотребление × нарушения SLA) в среднем в 3,5 раза по сравнению с распространённой эвристикой FFD.

**Практическая значимость.** Результаты работы внедрены в крупных российских и международных компаниях, что подтверждено соответствующими актами. Разработанные программные модули зарегистрированы в Роспатенте (три свидетельства о регистрации программы для ЭВМ). Методики используются в учебном процессе магистратуры по направлению «Информатика и вычислительная техника».

**Достоверность и обоснованность.** Выводы базируются на корректном применении методов теории вероятностей, математической статистики, многокритериальной оптимизации и имитационного моделирования. Эксперименты проведены на реальных нагрузках с большим объёмом данных (более 40 000 записей о миграциях, более 1000 виртуальных машин в имитационной модели). Результаты многократно апробированы на международных и всероссийских конференциях.

**Замечания по автореферату.**

