
КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

**О монографии Макарова В.Л., Окрепилова В.В., Бахтизина А.Р.
«Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью
суперкомпьютеров» М.: URSS. 2023. 416 с. ISBN 978-5-9710-6284-4**

© 2023 г. В.Е. Дементьев

В.Е. Дементьев,
ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: vedementev@rambler.ru

Поступила в редакцию 31.05.2023

DOI: 10.31857/S042473880025866-1

Современное развитие возможностей компьютерного моделирования социально-экономических процессов ставит на повестку дня создание систем поддержки принятия решений нового типа. И это должны быть не просто системы подбора и предварительного анализа информации, необходимой для принятия решений, а виртуальные полигоны для моделирования и апробации различных сценариев и вариантов решений с имитацией их последствий. Использование подобного инструмента анализа позволяет в ходе компьютерных экспериментов выбирать сочетания различных мер воздействия на управляемую систему, а также стратегии их поэтапной реализации, дающие в итоге желаемые результаты или же наглядно демонстрирующие границы достижимых результатов. В последнее время особенно бурное развитие получил метод агент-ориентированного моделирования, основанный на имитации индивидуального поведения социально-экономических акторов.

Использование суперкомпьютеров для агент-ориентированных моделей становится неизбежным. В реальной жизни агентов много (например, в демографических моделях учитывается поведение миллионов/миллиардов людей) и только суперкомпьютер может справиться с таким числом агентов. Суперкомпьютеры позволяют на несколько порядков увеличить число агентов и других количественных характеристик (узлов сети, размеров территории) в моделях, первоначально разработанных для использования в обычных настольных компьютерах. Поэтому суперкомпьютерное моделирование является логичным и необходимым шагом для упрощенных моделей, которые уже прошли успешную практическую апробацию на обычных компьютерах. Увы, специфика архитектуры современных компьютеров не гарантирует, что программное обеспечение компьютерной модели немедленно заработает и на суперкомпьютере. Требуется, как минимум, распараллеливание счетного ядра, а зачастую и его глубокая оптимизация, поскольку в ином случае применение дорогостоящего суперкомпьютерного счета скорее всего себя не оправдает.

В монографии, изданной в URSS и приуроченной к 300-летию Российской академии наук, рассматривается опыт зарубежных ученых и практиков по запуску агентных моделей на суперкомпьютерах, а также описываются известные программные платформы для их реализации в параллельном режиме. На примере демографических моделей, разработанных коллективами Центрального экономико-математического института РАН и Института проблем региональной экономики РАН, анализируются этапы и методы эффективного отображения счетного ядра мультиагентной системы на архитектуру современного суперкомпьютера.

В последние годы в число приоритетных направлений в информационных технологиях уверенно вошли отдельные отрасли гуманитарных наук, в частности создание систем краткосрочного и долгосрочного предсказательного моделирования социальных явлений и событий с использованием суперкомпьютерных технологий. Отметим, что суммарная производительность ТОП-500 суперкомпьютеров мира по сравнению с 1993 г. выросла почти в 4 млн раз и составляет более 4,4 эксафлопс¹, а производительность топовой системы FRONTIER в 2022 г. перешагнула эксафлопсный рубеж.

¹ Производительность в 1 эксафлопс означает, что машина может выполнять квинтиллион (миллиард миллиардов, число с 18 нолями) операций в секунду.

Что касается России, то, по последним данным рейтинга ТОП-500 от июня 2023 г., в этот список вошло 7 суперкомпьютеров: 1) Червоненкис (Яндекс), 2) Галушкин (Яндекс), 3) Ляпунов (Яндекс), 4) Christofari Neo (Сбер), 5) Christofari (Сбер), 6) «Ломоносов-2» (МГУ), 7) MTS GROM (МТС).

Однако, по оценкам аналитической компании IDC (International Data Corporation), общий объем данных в мире вырос почти в 150 раз за последние 15 лет. Как полагают аналитики, наибольший вклад в этот огромный прирост внесли следующие сферы: Интернет (блоги, социальные сети и т.д.); финансы (биржевые индексы, аналитические материалы и т.д.); здравоохранение (данные о пациентах, лекарствах, способах лечения и т.д.); астрономия (детализированные изображения галактик); биоинформатика (данные о 3.3 млрд оснований нуклеиновых кислот в геноме человека, протеиновые последовательности и их анализ); библиотеки (текстовые данные, фото, карты и т.д.).

Необходимость обработки такого объема данных обуславливает появление аналитических систем нового поколения, включающих усовершенствованные методы вычислений, распознавания образов, организации хранилищ, сбора статистики с целью извлечения смысла из данных и получения информационного контекста. Ставка делается в том числе и на агент-ориентированные модели.

В силу фактически экспоненциального роста данных дальнейший тренд развития агентных моделей направлен на использование для их построения суперкомпьютерных технологий (в том числе на базе геоинформационных систем). Это направление активно развивается, а на мировых конгрессах, посвященных агент-ориентированному моделированию, оно уже давно обсуждается не только на специализированных сессиях, но и в рамках пленарных выступлений.

Актуальность использования суперкомпьютерных технологий для разработки агентных моделей обусловлена тем, что оперативная память обычного персонального компьютера не способна вместить то число объектов программной среды, которое соответствует, например, населению земного шара, или даже отдельных густонаселенных стран. Запуск оригинальной модели в специализированных средах для разработки агентных моделей с числом агентов, превышающим несколько миллионов, приводит к исчерпанию оперативной памяти персонального компьютера.

Подобным же образом дела обстоят и с производительностью. Для пересчета состояния масштабной системы с нетривиальной логикой поведения и взаимодействия агентов требуются значительные вычислительные ресурсы, сопоставимые с потребностями вычислительных методов математической физики с аналогичным количеством расчетных ячеек. Но, в отличие от последних, поведение агентов включает элементы случайности, поэтому требуется провести серию расчетов и найти вероятностное распределение ключевых характеристик итогового состояния моделируемой среды.

Названные факторы обуславливают необходимость масштабных экспериментов с суперкомпьютерными версиями моделей, в которых популяция агентов распределяется по множеству узлов суперкомпьютера и расчеты выполняются параллельно. При этом возникает задача адаптации разрабатываемых в традиционных программных средах моделей для суперкомпьютеров.

На основе анализа большого числа зарубежных научных публикаций были конкретизированы основные направления использования суперкомпьютерных технологий применительно к общественным наукам:

- прогнозирование развития социально-экономических систем (стран, регионов, городов);
- воспроизведение исторических событий;
- моделирование миграционных процессов;
- моделирование распространения эпидемий;
- моделирование транспортных систем;
- имитация и оптимизация пешеходного движения;
- предсказание политических событий на основе сканирования новостей;
- прогнозирование экологического состояния окружающей среды и т.д.

В монографии «Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров» представлены результаты научно-исследовательских работ, проведенных авторскими коллективами Центрального экономико-математического института РАН и Института проблем региональной экономики РАН в рамках выполнения программы Президиума РАН «Фундаментальные проблемы математического моделирования», а также программы Президиума РАН

«Механизмы обеспечения отказоустойчивости современных высокопроизводительных и высоконадежных вычислений» и подпрограммы «Фундаментальные проблемы решения сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров».

В исследовании изложен новый теоретико-методологический подход, основанный на применении инструментов экономики качества — стандартизации, метрологии и управления качеством, который в условиях цифровой экономики создает дополнительные возможности для исследования и повышения качества жизни.

Авторы монографии рассматривают повышение качества жизни как самую важную и сложнейшую социальную, экономическую и управленческую задачу, поиску научного решения которой в значительной степени может способствовать совместное применение экономики качества и агент-ориентированных моделей с использованием суперкомпьютерных технологий.

Первая презентация монографии состоялась 18 мая 2023 г. на площадке «Точка кипения — Санкт-Петербург. ГУАП» в рамках международной конференции «Социальные и экономические тренды устойчивого развития современного общества». С докладами по темам монографии выступили академики РАН А.Г. Аганбегян, В.Л. Макаров, В.В. Окрепилов, заместитель президента РАН член-корр. РАН В.В. Иванов, президент ВЭО России член-корр. РАН С.Д. Бодрунов, директор ЦЭМИ РАН член-корр. РАН А.Р. Бахтизин, директор ИПРЭ РАН д.э.н. А.Д. Шматко и другие.

V.E. Dementiev

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;
e-mail: vedementev@rambler.ru

Received 31.05.2023

DOI: 10.31857/S042473880025866-1