

Искусственные общества. 2013-2025

ISSN 2077-5180

URL - <http://artsoc.jes.su>

Все права защищены

Выпуск 3 Том 15. 2020

Крупномасштабные агент-ориентированные модели эпидемий и их техническая реализация на суперкомпьютерах

Агеева Алина Фагимовна

*Центральный экономико-математический институт РАН
Российская Федерация, Москва*

Аннотация

В статье освещаются вопросы использования технологий высокопроизводительных вычислений и возможностей современных суперкомпьютеров для прогнозирования, предотвращения и снижения ущерба от эпидемий, порождающих пандемические явления. Раскрыты преимущества агентного подхода для моделирования масштабных сценариев распространения эпидемий в неоднородных популяциях на детальном уровне. Рассмотрены конструктивные особенности агент-ориентированных моделей эпидемий, а также задачи, которые решаются при распределенном моделировании эпидемических процессов. Перечислены специализированные программные средства для проектирования и технической реализации крупномасштабных агент-ориентированных моделей эпидемий на высокопроизводительных кластерах и суперкомпьютерах. Представлены примеры использования алгоритмов оптимизации для увеличения производительности крупномасштабных агент-ориентированных моделей эпидемий.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, крупномасштабные модели распространения эпидемий, параллельные вычисления, суперкомпьютерные ресурсы

Дата публикации: 05.09.2020

Источник финансирования:

Ссылка для цитирования:

Агеева А. Ф. Крупномасштабные агент-ориентированные модели эпидемий и их техническая реализация на суперкомпьютерах // Искусственные общества. – 2020. – Т. 15. – Выпуск 3. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800010459-3-1/>. DOI: 10.18254/S207751800010459-3

¹

Использование преимуществ агентного моделирования и суперкомпьютеров в борьбе с эпидемиями

Быстрая скорость распространения некоторых контагиозных заболеваний с высоким риском инфицирования населения и интенсивность международных контактов вызывают пандемические явления, которые представляют серьезную угрозу глобальной безопасности в области общественного здравоохранения и приводят к значительным экономическим и социальным потерям. В связи с чем, актуальными являются вопросы изучения пандемического потенциала и распространения эпидемий на детальном уровне, выявления различных факторов, влияющих на них, а также создания современных инструментов для тестирования стратегий снижения ущерба и разработки эффективных мер для борьбы с эпидемиями и предупреждения чрезвычайных ситуаций. Одним из наиболее результативных методов для достижения этих целей является применение агентного метода имитационного моделирования, который позволяет преодолеть ограничения классических математических моделей эпидемий, основанных на дифференциальных уравнениях.

²

В агент-ориентированных моделях эпидемий каждый член искусственного общества представляется в качестве наделенного множеством переменных программного агента, участвующего в схемах передачи контагиозных заболеваний посредством алгоритмов, воспроизводящих поведенческие паттерны. Агентный подход позволяет также учитывать фактор случайности, присутствующий в реальных процессах распространения эпидемий, и прогнозировать динамику потенциальных вспышек: агенты могут отличаться значительной вариативностью поведения, аналогично тому, как люди в реальном мире взаимодействуют друг с другом или принимают решения. Парадигма моделирования эпидемии на основе агентов предоставляет возможность проигрывать всевозможные сценарии вспышки, которые определяются взаимодействием агентов на индивидуальном уровне, и оценивать пандемический потенциал, последствия эпидемий и влияние на их динамику различных стратегий вмешательств. Агент-ориентированные модели являются также эффективным инструментом поддержки принятия решений для лиц, ответственных за планирование и реализацию мер, направленных на борьбу с распространением эпидемии, а также контроль за эпидемической ситуацией и управление медицинскими ресурсами.

³

К настоящему времени в области вычислительной эпидемиологии накоплен значительный мировой опыт по разработке агент-ориентированных моделей распространения эпидемий. Моделирование масштабных сценариев с

помощью агентного подхода позволяет проводить анализ эпидемических и пандемических процессов на детальном уровне, максимально точно прогнозировать последствия и оценивать эффективность стратегий вмешательства. Большие пространственные масштабы, высокая поведенческая детализация на индивидуальном уровне, множество взаимосвязанных параметров и моделирование реалистичных эпидемических процессов в условиях дефицита времени подразумевает, что возникающая вычислительная проблема становится слишком большой и непригодной для последовательного выполнения. Реализация таких сценариев в приближенной к реальному обществу синтетической популяции, количество агентов которой может достигать до нескольких миллиардов, требует привлечения технологий высокопроизводительных вычислений и суперкомпьютерных ресурсов.

⁴ Прогнозирование, предотвращение или снижение последствий эпидемических вспышек и стремительного распространения контагиозных заболеваний в мировом масштабе, во многом связывают с возможностями современных суперкомпьютеров: модельные расчеты динамики инфекционных заболеваний во всех масштабах, от молекулярного до популяционного уровня, зачастую, трудоемкие и возможны только на высокопроизводительных вычислительных системах. Для объединения научных усилий по вопросам повышения глобальной готовности и реагирования на угрозы эпидемий, а также получения доступа к суперкомпьютерным ресурсам, образуются международные междисциплинарные проекты и инициативы, такие как, например, MIDAS ([>>>>](#)). Доступ к облачным и локальным высокопроизводительным вычислениям, предоставляемый участникам проекта MIDAS бесплатный, финансируется Национальным институтом медицинских наук США.

⁵ В марте 2020 г. компания IBM Research объединилась с Управлением по научной и технологической политике Белого дома и Министерством энергетики США, чтобы создать консорциум в целях получения доступа к самым мощным суперкомпьютерам США для реализации высокопроизводительных вычислений в рамках исследовательских проектов по борьбе с COVID-19 [7]. Суперкомпьютерная система Summit уже помогает выявлять лекарственные соединения, которые могут нейтрализовать коронавирус. Помимо IBM, в консорциум вошли такие академические и научно-исследовательские лидеры США, как НАСА, Массачусетский технологический институт, Аргоннская национальная лаборатория, Ок-Риджская национальная лаборатория, Лос-Аламосская национальная лаборатория, Техасский Центр перспективных вычислительных методов и др.

⁶ Ученые из Оборонного научно-технического университета Народно-освободительной армии Китая разработали крупномасштабную модель распространения коронавируса в условиях мегаполиса, с помощью которой в режиме реального времени можно прогнозировать динамику эпидемии и риски возникновения новых вспышек в случае частичной или полной отмены карантина. Вычислительные эксперименты проводились на суперкомпьютере "Тяньхэ-1" [1]. "Тяньхэ-1", с использованием технологий искусственного интеллекта, способен идентифицировать сотни пациентов с COVID-19 путем анализа результатов сканирования грудной клетки примерно за десять секунд с точностью более 80%

[3]. Доступ к системе диагностического инструмента предоставляется врачам бесплатно.

⁷ Коллектив российских ученых из Красноярска, Новосибирска и Москвы в кооперации с зарубежными коллегами из Финляндии, Китая, Японии и Канады использует модернизированный суперкомпьютер Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук в разработке медицинских препаратов для диагностики и терапии коронавирусной инфекции [2].

⁸

Высокопроизводительное программное обеспечение для агентного моделирования крупномасштабных эпидемических процессов

Высокий уровень производительности суперкомпьютеров обеспечивается на основе использования принципа распараллеливания вычислительного процесса и распределения вычислительной нагрузки по множеству вычислительных узлов. Таким образом, для реализации крупномасштабных агент-ориентированных моделей эпидемий на суперкомпьютерах необходимо построение их суперкомпьютерных версий, в которых популяции агентов распределяются по множеству узлов суперкомпьютера и расчеты выполняются параллельно. Для технической реализации масштабных агент-ориентированных моделей эпидемий на высокопроизводительных кластерах и суперкомпьютерах можно изначально осуществлять их проектирование с помощью специализированных программных средств. Перечислим наиболее известные и актуальные на сегодняшний момент.

⁹ GSAM – высокопроизводительная распределенная платформа для эпидемического моделирования на основе агентов, с помощью которой возможно моделирование вспышки заболеваний в неоднородной популяции из нескольких миллиардов агентов [9]. В GSAM рабочая нагрузка распределяется по двум уровням: сначала по узлам суперкомпьютера, а затем каждый узел распределяет свою рабочую нагрузку среди своих рабочих потоков. Это двухступенчатое распределение рабочей нагрузки позволяет GSAM работать на разных аппаратных платформах и обеспечивает эффективный способ изучения переменных, влияющих на производительность модели. Другая причина высокой скорости работы платформы GSAM заключается в использовании подхода активных агентов, благодаря чему устраняется необходимость моделирования повседневной деятельности миллиардов агентов.

¹⁰ EpiSimS – среда для крупномасштабного агент-ориентированного моделирования распространения инфекционных заболеваний [13]. Проект EpiSimS начался с расширения разработанной в Лос-Аламосской национальной лаборатории Transims [12] – интегрированного набора инструментальных средств для моделирования крупномасштабных транспортных систем. С помощью EpiSimS была разработана модель распространения пандемического гриппа в Калифорнии, в которой имитируется ежедневная активность 18,8 миллионов агентов, а прогрессирование заболевания характеризуется 14 состояниями инфицированных агентов [8].

¹¹ EpiSimdemics – масштабируемый параллельный код для агент-ориентированного моделирования распространения заболеваний в

крупномасштабных, приближенных к реалистичным, сетях взаимодействия на суперкомпьютерах уровня Petascale [4]. Высокая производительность кода достигается благодаря совмещению распределенных вычислений и обмена данными, автоматической агрегации сообщений и использованию балансировки нагрузки. Для демонстрации возможностей EpiSimdemics, с помощью кода была построена агент-ориентированная модель эпидемии гриппа в США и проведена серия вычислительных экспериментов на трех суперкомпьютерах – Blue Waters в Национальном центре суперкомпьютерных приложений, Cori в Центре научных вычислений национальных энергетических исследований и Mira в Аргоннской национальной лаборатории. Имитирование распространение эпидемии в США в течение 180 дней заняло 11,5 сек на Cori, 10,4 сек на Blue Waters и 12,3 сек на Mira, а 80 симуляций различных сценариев вакцинации населения – 12 мин на Blue Waters. Таким образом, код способен обеспечивать поддержку моделирования в режиме реального времени. EpiSimdemics использовался федеральными властями для проведения вычислительных экспериментов во время пандемии гриппа H1N1 в 2009 г. и эпидемических вспышек, вызванных вирусом Эболы в 2015 и 2018 гг.

12

Конструктивные особенности крупномасштабных агент-ориентированных моделей эпидемий

Анализ архитектуры агент-ориентированных моделей эпидемий позволяет выделить их основные взаимосвязанные компоненты. Динамические процессы распространения эпидемий моделируются посредством имитирования ежедневной активности агентов (мобильности населения): для этого агенты наделяются индивидуальными графиками и маршрутами передвижения. Инфицирование на индивидуальном уровне моделируется посредством имитирования поведения агентов, участвующих в различных схемах и механизмах передачи контагиозных заболеваний в неоднородной популяции, в которой каждый агент наделен индивидуальными параметрами, отражающими его демографические, социально-экономические и медицинские атрибуты. Течение инфекционных процессов моделируется посредством воспроизведения стадий инфекционного заболевания (его лечения) и изменения параметров статуса здоровья агентов, при этом имитируются динамика и клинические проявления конкретных контагиозных заболеваний. Агентный подход позволяет моделировать эпидемические процессы в среде, воспроизводящей территориально-пространственные и климатические особенности, оказывающих свое влияние на динамику эпидемий. Как правило, агент-ориентированные модели эпидемий интегрируются с ГИС, таким образом, моделирование осуществляется с привязкой к географическим координатам.

13

Реализация крупномасштабных эпидемических сценариев на высокопроизводительных системах обеспечивается распределенным моделированием. Основные задачи, которые решаются при распределенном моделировании эпидемических процессов рассмотрим на примере распределенной агент-ориентированной модели распространения эпидемии [10], адаптируемой к архитектуре высокопроизводительных систем с распределенной памятью.

14 В рамках первой задачи разрабатывается схема распределения популяции агентов по вычислительным узлам, при этом, должны учитываться два ключевых момента. Во-первых, время, затрачиваемое на вычисления, зависит от количества инфицированных агентов. В исследовании [14], с помощью вычислительных экспериментов, продемонстрировано, что количество инфицированных агентов является доминирующим фактором в определении вычислительной нагрузки и времени моделирования. Во-вторых, контакты агентов, требующие для их обработки межузловых взаимодействий, значительно более ресурсоемкие, чем контакты, для обработки которых требуется только локальная информация. Обработка данных, связанных с передачей заболевания, может занимать до 98% расчетного времени. Следовательно, оптимизация кода в этой части, например, использование алгоритма сортировки агентов по статусу здоровья, может способствовать увеличению производительности модели. Таким образом, решение первой задачи заключается в поиске схемы оптимального, максимально равномерного распределения рабочей нагрузки по вычислительным узлам.

15 Решение второй задачи связано с обеспечением синхронизации вычислительных узлов. Агенты распределяются сначала по вычислительным узлам, а потом по потокам. В модели [10] связь между потоками и узлами происходит в установленное время, а потоки отправляют сообщения другим потокам через специальную программу, управляющую потоками каждого вычислительного узла.

16 Решение третьей задачи связано с обеспечением эффективной связи между вычислительными узлами. В модели [10] связь осуществляется программой “менеджер”, которая обеспечивает взаимодействие между узлами, отслеживает межузловое взаимодействие и разрешает следующую обработку данных только после завершения предыдущего взаимодействия. Программа является посредником межузловых связей. Таким образом, потоки перемещаются по следующему циклу: обработка данных → ожидание → связь (межузловое взаимодействие) → обработка данных.

17

Алгоритмы и методы, применяемые для увеличения скорости расчетов

Реализация масштабных сценариев распространения контагиозных заболеваний на детальном уровне в больших неоднородных популяциях требуют значительных вычислительных ресурсов, а при моделировании пандемических процессов расчеты могут занимать слишком много времени. В таких условиях становится целесообразным применение алгоритмов оптимизации.

18 В крупномасштабной агент-ориентированной модели эпидемии N1H1 в Пекине имитировались 200 млн. ежедневных социальных контактов 19,6 млн. агентов, в пространстве столичного мегаполиса, состоящем из 8 млн. пространственных объектов [15]. В модели воспроизводится ежедневная деятельность и мобильность населения мегаполиса на индивидуальном уровне. Агенты модели различаются по типам социального статуса, каждый из которых наделен двадцатью видами активности. Каждому агенту присваивается индекс, указывающий на недельный паттерн активности. Маршрут дня представляет собой

связанный список исполняемых действий. Организацией совместных социальных действий управляет репрезентативный агент, называемый «групповым». Для реализации случайных контактов агентов в модель города включена система общественного транспорта.

¹⁹ Реализация модели по сценарию тридцатидневной эпидемии на персональном компьютере занимает сорок часов. Поэтому, для ускорения вычислений был разработан специальный алгоритм управления пространственными элементами, который оптимизирует извлечение и хранение объектов в системе пространственных элементов. Агенты, совершая пространственные перемещения, используют алгоритм вычисления кратчайших расстояний, который связан с функцией определения дистанции до ближайшего заданного объекта или внутри определенного радиуса через систему хранения пространственных элементов.

²⁰ В крупномасштабной агент-ориентированной модели эпидемии гриппа в Большом Торонто (Канада), в соответствии с концепцией контактных сетей, каждому из 5 млн. агентов присваивается определенное количество времени контакта друг с другом на основе демографических и пространственных данных [5]. Популяция агентов структурирована по районам проживания и работы (учебы), а также состоянию здоровья. В модели осуществляется непрерывный мониторинг состояния каждого агента: рассчитывается индивидуализированная вероятность перехода от восприимчивого состояния в статус инфицированного в каждый момент времени, с учетом медицинских и др. индивидуальных характеристик агентов, типов и времени социальных контактов, а также изменения поведения агентов и доли инфицированных в границах агломерации. В модели тестировалась стратегия домашнего карантина инфицированных агентов по сценариям 70%, 80%, 90%, 100%. Результаты модели проецировались на географические карты прогнозируемых зон распространения эпидемии. Модель реализована на 32-узловом кластере Beowulf с 256 процессорами; расчеты по сценарию 60-дневной эпидемии занимают две минуты. Модель использовалась Агентством по охране и укреплению здоровья в качестве инструмента мониторинга эпидемической ситуации в провинции Онтарио в режиме реального времени.

²¹ Для увеличения производительности вычислительных кластеров все чаще их оснащают графическими процессорами общего назначения, в связи с чем, актуальной задачей является разработка методов оптимизации для крупномасштабного эпидемиологического моделирования на высокопроизводительных системах с графическими процессорами.

²² Во время реализации параллельных вычислений вершины и ребра контактной сети агентов, участвующих в эпидемических процессах, распределяются по вычислительным узлам. Обмен данными между вычислительными узлами осуществляется в конце каждого временного шага контактов и (или) передачи заболевания. В крупномасштабной агент-ориентированной модели эпидемии [16] для минимизации задержек обмена данными каждый контактный граф на вычислительном узле дополняется слоями вершин и ребер из других вычислительных узлов. Чтобы компенсировать

задержку обновления данных о контактах и риске инфицирования агентов, они загружаются во встроенную память видеокарты при инициализации статуса здоровья агентов, и в дальнейшем данные обновляются асинхронным способом. Для повышения эффективности обращений к памяти при запуске состояния агентов используется разделяемая память и алгоритм вычисления передачи заболевания с механизмом программного кэша. Алгоритмы были протестированы на вычислительном кластере, каждый узел которого имеет два шестиядерных процессора Intel XEON X5670 с тактовой частотой 2,93 ГГц и два процессора NVIDIA GeForce GTX 470 GPU. Результаты эксперимента показывают, что при моделировании 20 млн. агентов и 1,2 млрд. контактов на 80 вычислительных узлах, использование графических процессоров может ускорить производство расчетов в 11,7 раз.

²³ Реализация преимуществ агент-ориентированного подхода для моделирования пандемических процессов требует большого потребления памяти. В [11] описан метод снижения потребления ресурсов памяти с помощью использования последовательности битов для описания атрибутов агентов вместо традиционных структур данных. Модель последовательности битов основана на манипулировании цепочкой битов или машинным словом. Метод позволяет группировать информацию агентов в оптимизированном формате и ускоряет процесс манипулирования данными. Используя метод последовательности битов, авторами исследования была построена параллельная версия агент-ориентированной модели эпидемии гриппа с помощью библиотеки параллельных алгоритмов Thrust, предназначенных для обеспечения доступа к вычислениям на графических процессорах. Применение метода последовательности битов позволяет снизить потребление ресурсов памяти на 41% и оптимизировать время копирования данных между центральным и графическим процессорами до 52%.

²⁴ Суперкомпьютерные ресурсы оказываются не всегда доступными, так например, в суперкомпьютерном комплексе МГУ всегда существует очередь из задач, которые ожидают свободных ресурсов для их выполнения. Кроме того, активно развиваются технологии, позволяющие значительно повысить вычислительную мощность обычного персонального компьютера. Чаще всего, для решения этой задачи используют графические процессоры (GPU), с помощью которых достигается многократное ускорение вычислений. Наиболее распространенной является программно-аппаратная архитектура CUDA, поддерживающая высокопроизводительные вычисления общего назначения на графических процессорах NVIDIA.

²⁵ Например, расчетные эксперименты сценариев распространения COVID-19 в Швейцарии в течение трех месяцев, заняли на персональном компьютере, оснащенный графическим процессором GPU NVIDIA P100, несколько часов [6]. Крупномасштабная агент-ориентированная модель эпидемии COVID-19 в Швейцарии, построенная в виде распараллеленного алгоритма, оптимизированного для запуска на графических процессорах, состоит из трех модулей: искусственного общества с 8,24 млн. агентов; модуля дорожно-транспортной сети страны, состоящей из 1,1 млн. участков и 0,5 млн. узлов, 20 тысяч маршрутов общественного транспорта, 3,5 млн. личного автотранспорта, с агрегированием данных в пятнадцатиминутные временные интервалы; модуля

погодных условий, которые оказывают влияние на эпидемический процесс и дорожно-транспортную систему.

²⁶ С помощью модели были получены прогнозные результаты и географическое распределение случаев заражения и смертности населения от COVID-19 в Швейцарии в различных возрастных группах. Оценивалось влияние принятия мер вмешательства на динамику эпидемии, таких как, отмена массовых мероприятий, социальное дистанцирование, ношение средств индивидуальной защиты, закрытие школ и общественных учреждений, ограничение международных перевозок и так далее, преследующих цели предотвращения перегрузки системы общественного здравоохранения и установления контроля за эпидемиологической ситуацией до момента привлечения дополнительных ресурсов по борьбе с вирусом. Выходные данные модели демонстрируют, что при государственном вмешательстве смертность от вируса составляет менее 1%; в сценарии без вмешательств распространение COVID-19 привело бы к инфицированию 42% населения страны уже к 25 апреля 2020 г.

²⁷

Заключение

Одним из наиболее результативных методов для максимально точного прогнозирования динамики и последствий эпидемий является применение компьютерного имитационного моделирования. Агентный подход позволяет имитировать динамику распространения контагиозных заболеваний в неоднородной, максимально приближенной к реальному обществу синтетической популяции на детальном уровне. Для воспроизведения реалистичных эпидемических сценариев на национальном, региональном и глобальном уровнях, в синтетической популяции, количество агентов которой может достигать до нескольких миллиардов, требуется привлечение технологий высокопроизводительных вычислений и суперкомпьютерных ресурсов. Возможности современных суперкомпьютеров позволяют прогнозировать, предотвращать или снижать последствия эпидемических вспышек. Техническая реализация крупномасштабных агент-ориентированных моделей эпидемий на высокопроизводительных кластерах и суперкомпьютерах сопряжена с решением ряда задач:

- ²⁸
- построением распараллеленной версии модели;
 - разработкой схемы распределения популяции агентов по вычислительным узлам для оптимального распределения рабочей нагрузки;
 - обеспечением синхронизации вычислительных узлов и эффективной связи между вычислительными узлами;
 - разработкой алгоритмов оптимизации, способствующих увеличению производительности модели.

Библиография:

1. Распространение эпидемий спрогнозировали при помощи суперкомпьютера. ТАСС Наука. 18.03.2020
2. Российский суперкомпьютер поможет ученым в создании препаратов для борьбы с коронавирусом COVID-19. Научная Россия. 30.03.2020
3. Ученые констатируют острую суперкомпьютерную недостаточность. 20.03.2020. www.Infopro54.ru
4. Abhinav Bhatele et al. Massively Parallel Simulations of Spread of Infectious Diseases over Realistic Social Networks. Conference Paper. 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID). 2017. DOI: 10.1109/CCGRID.2017.141
5. Aleman D. M., Wibisono T. G. A Nonhomogeneous Agent-Based Simulation Approach to Modeling the Spread of Disease in a Pandemic Outbreak. Interfaces. 2011. 41(3). Pp. 301–315. DOI 10.1287/inte.1100.0550
6. Marini M., Chokani N., Abhari R. S. COVID-19 Epidemic in Switzerland: Growth Prediction and Containment Strategy Using Artificial Intelligence and Big Data. Preprint. 2020. DOI: 10.1101/2020.03.30.20047472
7. Miller H. IBM and White House to deploy supercomputer power to fight coronavirus outbreak. CNBC. 22.03.2020.
8. Mniszewski S.M., Del Valle S.Y., Stroud P.D., Riese J.M., Sydoriak S.J. EpiSimS Simulation of a Multi-Component Strategy for Pandemic Influenza. Proceedings of the 2008 Spring simulation multi-conference. April 14-17. Ottawa, Canada. Pp.556-563.
9. Parker J., Epstein J. M. A Distributed Platform for Global-Scale Agent-Based Models of Disease Transmission. ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation. 2011. 22(1): 2. DOI: 10.1145/2043635.2043637
10. Parker J. A flexible large-scale distributed agent-based epidemic model. Working Paper No. 52. Center on Social and Economic Dynamics The Brookings Institution. 2007. P. 5.
11. Rizzi R.L. et al. Modeling Direct Transmission Diseases Using Parallel Bitstring Agent-Based Models. IEEE Transactions on Computational Social Systems. 2018. DOI: 10.1109/TCSS.2018.2871625
12. Smith L., Beckman R., Anson D., Nagel K., Williams M. Transims: Transportation analysis and simulation system. Conference Paper. 5th National Conference on Transportation Planning Methods Applications. Seattle, Washington. 1995.
13. Stroud P. et al. Spatial Dynamics of Pandemic Influenza in a Massive Artificial Society. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2007. Vol. 10. No. 4 9

14. Willem L. et al. Optimizing agent-based transmission models for infectious diseases. BMC Bioinformatics. 2015. 16:183. DOI 10.1186/s12859-015-0612-2
15. Zhang M. Large-scale agent-based social simulation - a study on epidemic prediction and control. Thesis. National University of Defense Technology, China. 2016. SIKS No. 2016-28.
16. Zou P., Lu Y., Wu L., Chen L., Yao Y. Epidemic simulation of a large-scale social contact network on GPU clusters. Simulation. 2013. 89(10): 1154–1172.

Large-scale Agent-Based Epidemic Models and Their Technical Implementation on Supercomputers

Alina Ageeva

*Central Economics and Mathematics Institute of RAS
Russian Federation, Moscow*

Abstract

The article highlights the use of high-performance computing technologies and the capabilities of advanced supercomputers to predict, prevent and reduce losses from epidemics that generate pandemic events. The advantages of the agent approach for modeling large-scale epidemic spreading scenarios in heterogeneous populations at a detailed level are identified. The architecture of agent-based models of epidemics are considered, as well as the key aims that have to be solved in distributed modeling of epidemic processes. The software for the design and technical implementation of large-scale agent-based epidemic models on high-performance clusters and supercomputers are listed. Examples of using optimization algorithms to increase the performance of large-scale agent-based epidemic models are discussed.

Keywords: agent-based modeling, large-scale epidemic spread models, parallel computing, supercomputers

Date of publication: 05.09.2020

Citation link:

Ageeva A. Large-scale Agent-Based Epidemic Models and Their Technical Implementation on Supercomputers // Artificial societies. – 2020. – V. 15. – Issue 3. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800010459-3-1/>. DOI: 10.18254/S207751800010459-3