

Суперкомпьютерные технологии в общественных науках



16 Суперкомпьютерные технологии в общественных науках

В марте 2011 года на суперкомпьютерном комплексе МГУ была запущена модель, имитирующая развитие социально-экономической системы России на протяжении последующих 50 лет. Эта агент-ориентированная модель основана на взаимодействии 100 млн агентов, условно представляющих социально-экономическую среду России. Поведение каждого агента задано набором алгоритмов, которые описывают его действия и взаимодействие с другими агентами в реальном мире.

В настоящее время в общественных науках, в том числе в экономических, все чаще используется эффективный инструмент оценки тех или иных управленческих решений — агент-ориентированные модели (АОМ), относящиеся к классу моделей, основанных на индивидуальном поведении агентов и создаваемых для компьютерных симуляций. Основная идея, лежащая в основе АОМ, заключается в построении вычислительного инструмента, представляющего собой совокупность агентов с определенным набором свойств и позволяющего проводить симуляции реальных явлений.

АОМ позволяют смоделировать систему максимально приближенную к реальности. Появление АОМ можно рассматривать как результат эволюции методологии моделирования: переход от мономоделей (одна модель — один алгоритм) к мультимоделям (одна модель — множество независимых алгоритмов). При этом агент в АОМ является автономной сущностью, как правило имеющей графическое представление, с определенной целью функционирования и возможностью обучения в процессе существования до определенного уровня, определяемого разработчиками соответствующей модели. Примерами агентов могут быть: 1) люди (равно как и другие живые организмы), роботы, автомобили и другие подвижные объекты; 2) недвижимые объекты, а также 3) совокупности однотипных объектов. Вообще это могут быть любые наблюдаемые в реальной жизни объекты, однако основной задачей их учета в рамках модели является их корректная спецификация. Отметим, что общей особенностью всех АОМ и одновременно с этим их главным отличием от моделей других классов является наличие в них большого числа взаимодействующих друг с другом агентов.

Агент-ориентированный подход к моделированию очень универсален и удобен для прикладников в силу своей наглядности, но его также отличает и требовательность к вычислительным ресурсам. Очевидно, что прямое моделирование достаточно длительных социальных процессов в масштабах страны и планеты в целом требуют весьма значительной вычислительной мощности. В свою очередь, суперкомпьютеры позволяют на несколько порядков увеличить число агентов и других количественных характеристик (узлов сети, величины территории) в моделях, первоначально разработанных для использования в обычных настольных компьютерах. Поэтому суперкомпьютерное моделирование является логичным и крайне желательным шагом для тех упрощенных моделей, которые уже прошли успешную практическую апробацию на обычных компьютерах.

Следует отметить, что разработка АОМ для суперкомпьютеров получает широкое распространение за рубежом. К примеру, под руководством Джошуа Эпштейна и Джона Паркера в Центре социальной и экономической динамики

АВТОРЫ:

В.Л. Макаров – академик, директор Учреждения Российской академии наук Центрального экономико-математического института РАН, директор Высшей школы государственного администрирования МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: makarov@cemi.rssi.ru

А.Р. Бахтизин – докт. экон. наук, в.н.с. Учреждения Российской академии наук Центрального экономико-математического института РАН, профессор МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: albert@cemi.rssi.ru



Рис. 1.
Рабочее окно АОМ

в Брукингском институте (Center Social and Economic Dynamics at Brookings) в 2007 году была построена одна из самых больших агент-ориентированных моделей, включающая в себя все население США, т.е. порядка 300 млн агентов, и позволяющая прогнозировать последствия распространения заболеваний различного типа. Агенты модели, отличающиеся друг от друга восприимчивостью к заболеванию, зависящей от состояния иммунной системы, географически распределены по карте страны в соответствии с матрицей корреспонденций размерностью 4000×4000 , специфицированной с помощью гравитационной модели. В 2009 году, на основе описанной выше модели была разработана ее вторая версия, включающая 6,5 млрд агентов, спецификация действий которых проводилась с учетом имеющихся статистических данных. С ее помощью имитировались последствия распространения вируса гриппа А(H1N1/09) в масштабах всей планеты.

В нашем проекте было задействовано 5 человек: 2 специалиста ЦЭМИ РАН (В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин) и 3 специалиста от МГУ (В.А. Васенин, В.А. Роганов, И.А. Трифонов). Данные для моделирования были предоставлены Федеральной службой государственной статистики и Российским мониторингом экономического положения и здоровья населения. Модель для обычного компьютера была построена в 2009 году. (рис. 1), а в 2011 году она была конвертирована в «суперкомпьютерную» версию.

Первоначальный этап разработки этой модели заключался в построении инструмента, успешно решающего задачу исследования на обычных компьютерах, а также в настройке параметров модели. После ее успешной апробации с небольшим числом агентов (учитывая их сложность — диаграмма поведения агента на рис. 2) — персональный компьютер с хорошей производительностью способен производить вычисления с удовлетворительной скоростью над числом агентов около 20 тыс.) было решено конвертировать ее для суперкомпьютера — второй этап разработки.

В виду неинтерактивности запуска программы, на больших суперкомпьютерах сбор выходных данных и визуализация были разделены (это связано с неравномерностью нагрузки на кластеры в разное время суток, а монополь-

в Брукингском институте (Center Social and Economic Dynamics at Brookings) в 2007 году была построена одна из самых больших агент-ориентированных моделей, включающая в себя все население США, т.е. порядка 300 млн агентов, и позволяющая прогнозировать последствия распространения заболеваний различного типа. Агенты модели, отличающиеся друг от друга восприимчивостью к заболеванию, зависящей от состояния иммунной системы, географически распределены по карте страны в соответствии с матрицей корреспонденций размерностью 4000×4000 , специфицированной с помощью гравитационной модели. В 2009 году, на основе описанной выше модели была разработана ее вторая версия, включающая 6,5 млрд агентов, спецификация действий которых проводилась с учетом имеющихся статистических данных. С ее помощью имитировались последствия распространения вируса гриппа А(H1N1/09) в масштабах всей планеты.

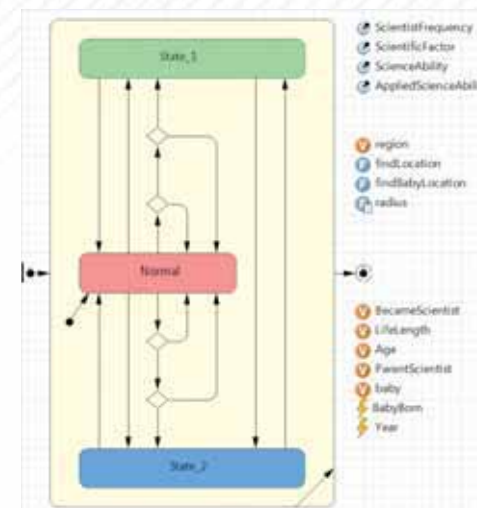


Рис. 2.
Спецификация агентов с помощью диаграммы состояний

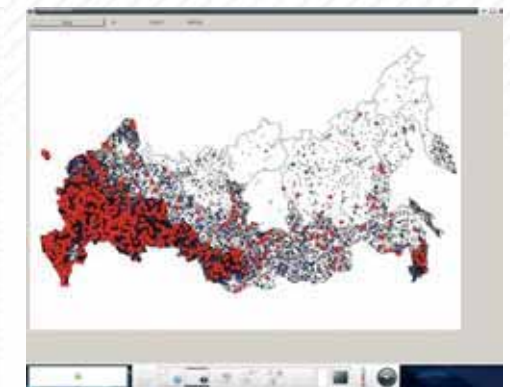


Рис. 3.
Результат работы суперкомпьютерной программы в графическом виде

ный доступ попросту невозможен). После пересчета модели, получившаяся на выходе информация снова была визуализирована (рис. 3).

Эксперименты с моделью, в том числе, показали, что одни и те же параметры (рождаемость, продолжительность жизни и т.д.) могут приводить к различным результатам в зависимости от размера социума. При запуске одной и той же версии модели с разным количеством агентов результаты отличались на 4,5 %. В первом случае моделирование велось для 100 млн агентов, а во втором — 100 тыс. агентов. В связи с этим можно предположить, что, по всей видимости, в сложных динамических системах, одни и те же параметры (рождаемость, продолжительность жизни и т.д.) могут приводить к различным результатам в зависимости от размера социума.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-1456.2011.6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Epstein J.M. Modelling to contain pandemics / Nature 460, 687, 6 August 2009.
2. Parker J. A Flexible, Large-Scale, Distributed Agent Based Epidemic Model. Center on Social and Economic Dynamics, Working Paper № 52.