

Агент-ориентированные модели и суперкомпьютерные технологии в приложении к общественным наукам

В настоящее время в общественных науках, в том числе 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 моно моделей (одна модель – один алгоритм) к мульти моделям (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 говоря, агентами в АОМ 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 зарубежом. К примеру, под руководством Джошуа

Эпштейна и Джона Паркера в Центре социальной и экономической динамики в Брукингском институте (Center Social and Economic Dynamics at Brookings) в 2007 г. 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 г., 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 от распространения вируса гриппа А(H1N1/09) в масштабах всей планеты.

Необходимо отметить, что в настоящее время АОМ востребованы для решения широкого круга задач, включая прогнозирование развития социально-экономических систем, моделирование миграционных процессов, транспортных систем, экологической ситуации и др. Например, корпорация Microsoft разрабатывает компьютерную АОМ социально-экономической системы всего мира. Также в США, по заказу военных ведомств, с использованием агент-ориентированного подхода разработан инструмент, позволяющий моделировать военные операции и проигрывать различные варианты боевых стратегий (System Effectiveness Analysis Simulation).

В марте 2011 г. в 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 нашем проекте было задействовано 5 человек: 2 специалистов ЦЭМИ РАН (В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин) и 3 со стороны 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 г. (**рис. 1**), а в 2011 году она была конвертирована в «суперкомпьютерную» версию.

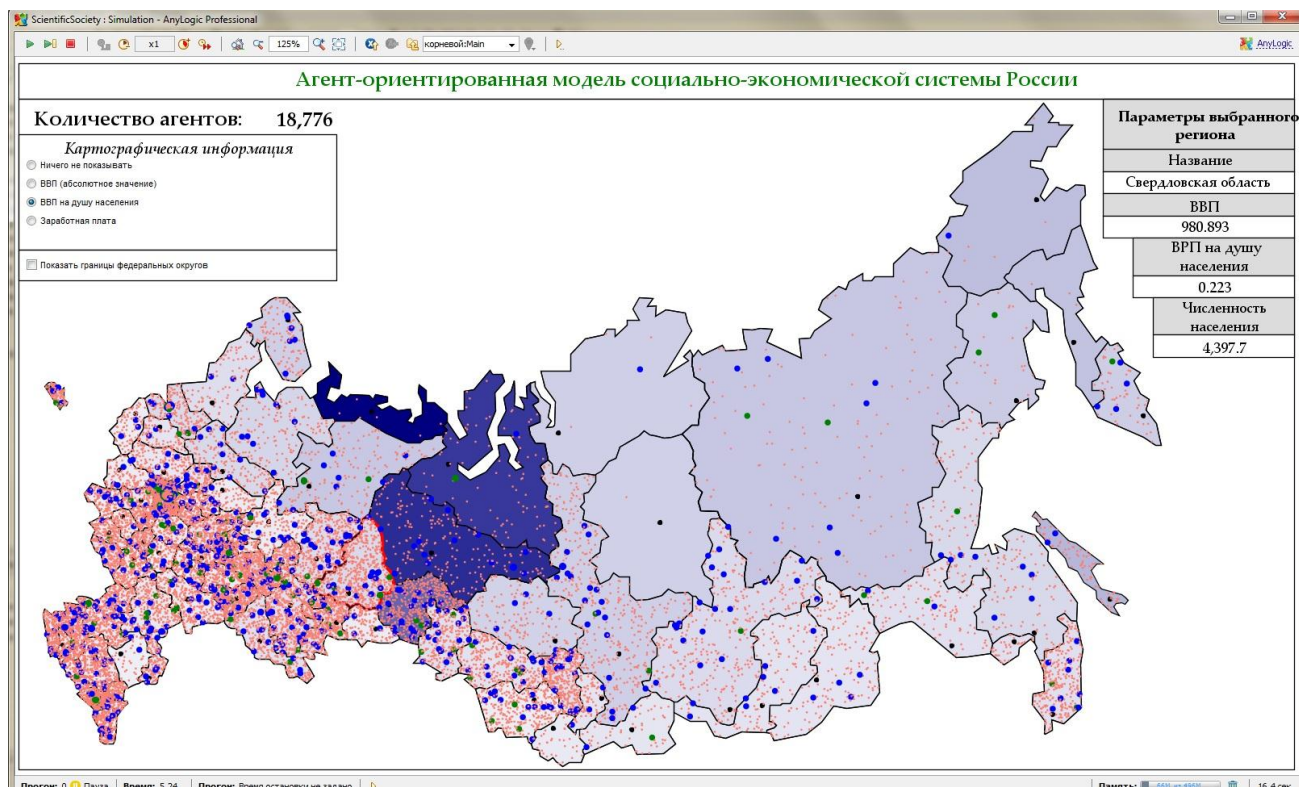


Рис. 1. Рабочее окно АОМ

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, 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 монопольный доступ попросту невозможен). После пересчета модели, получившаяся на выходе информация снова была визуализирована (**рис. 2**).

Эксперименты с моделью, в том числе, продемонстрировали, 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 этой связи 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.

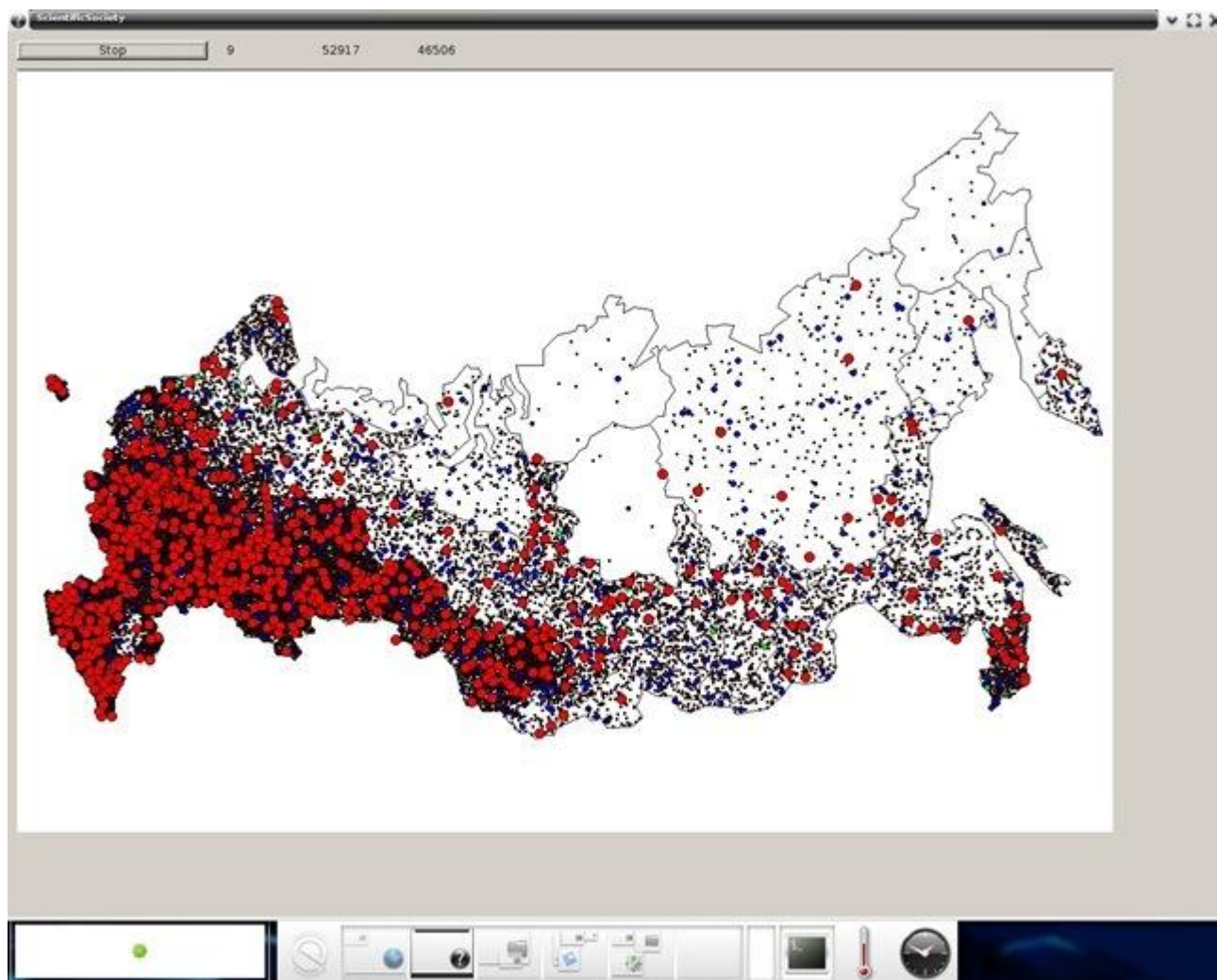


Рис. 2. Результат работы суперкомпьютерной программы в графическом виде

Результаты моделирования также показали, что при сохранении текущих тенденций, население регионов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов значительно сократится, в то время как в регионах Южного федерального округа наоборот, прогнозируется существенный прирост. Вместе с сокращением численности населения страны, модель показала постепенное снижение ВВП, а также ряда других макроэкономических показателей.

Помимо упомянутой модели, В ЦЭМИ РАН имеется большой опыт по разработке АОМ. Так, наиболее известными являются: АОМ автомобильных пробок в г. Москве, АОМ рынка авиаперевозок в московском авиационном узле, АОМ корпоративных слияний и поглощений и АОМ социальных кластеров.