

Агент-ориентированные модели

Агент-ориентированные модели (agent based models), сокращенно 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.

Определений АОМ достаточно много (см. например, Axelrod (1997), Bonabeau (2002), Epstein (2005)).

На основе большинства из них, АОМ это модель, обладающая следующими основными свойствами

Свойства

АВТОНОМИЯ. Агенты действуют независимо друг от друга и при этом предполагается, что в моделях нет единой регулирующей структуры, которая контролировала бы поведение каждого агента в отдельности. Однако, при этом взаимодействие микро- и макроуровней в моделях осуществляется, как правило, следующим образом: на макроуровне задается общий для всех агентов набор правил, и, в свою очередь, совокупность действий агентов микроуровня может оказывать влияние на параметры макроуровня.

Неоднородность. Агенты чем-то различаются друг от друга, что принципиально отличает АОМ от широко распространенных моделей с агентом-представителем, причем различия между агентами могут проявляться по многим параметрам (в случае агентов, отображающих людей, это могут быть параметры уровня здоровья, дохода, культурного уровня, а также правил принятия решений и т.д.).

Ограниченная интеллектуальность агентов (или ограниченная рациональность). Иными словами агенты модели не могут познать нечто большее, выходящее за рамки макросреды модели.

Расположение в пространстве. Имеется в виду некоторая «среда обитания», которая может быть представлена как в виде решетки (как в игре «Жизнь»), так и в виде гораздо более сложной структуры. Хотя это свойство не является обязательным.

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 (так, существуют АОМ, число агентов в которых достигает нескольких миллионов; см. например, модель, разработанную под руководством Дж. Эпштейна (Parker (2007))).

Таким образом, **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.

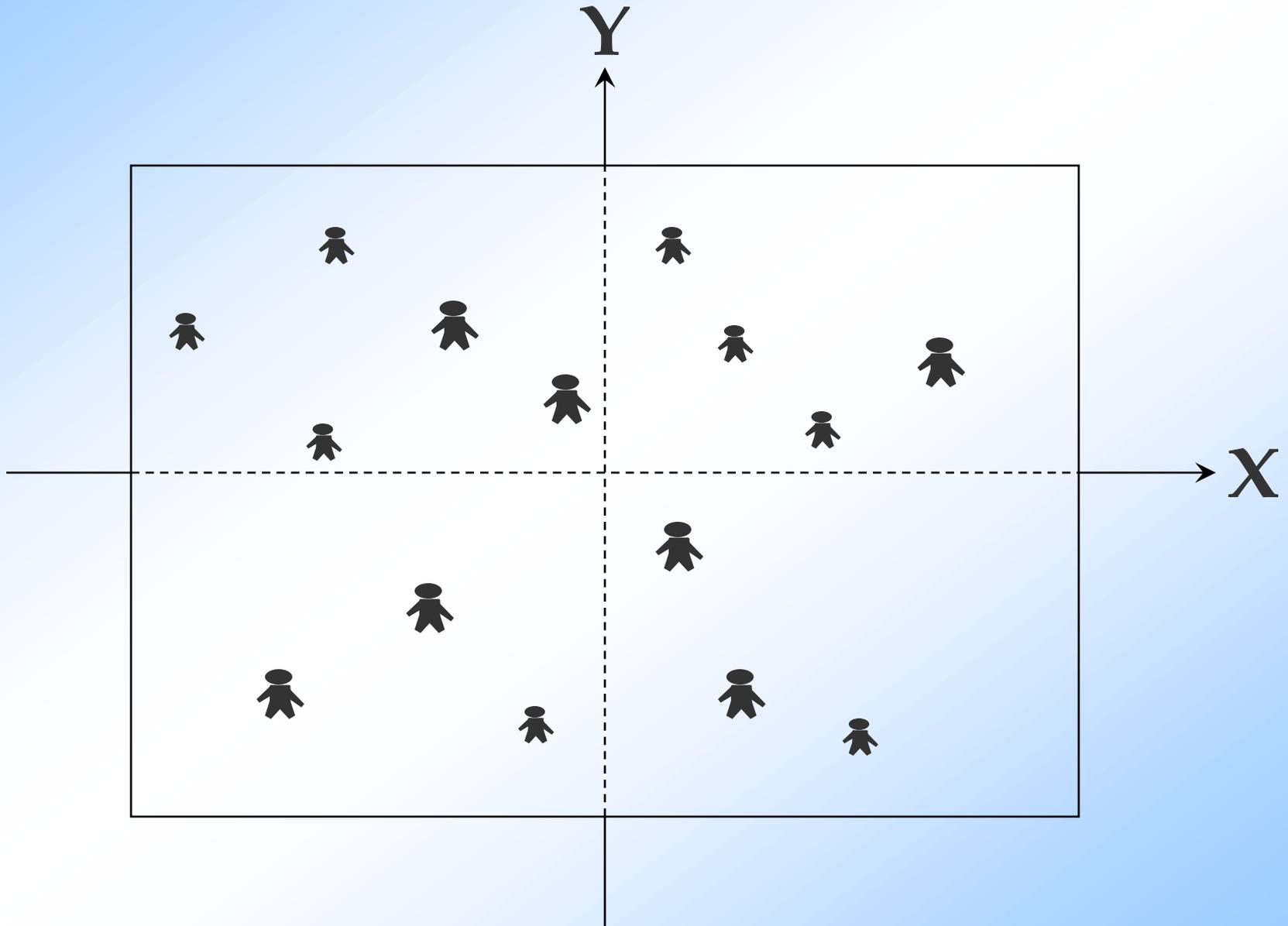
Примерами агентов могут быть:

- 1) люди (равно как и другие живые организмы), роботы, автомобили и другие подвижные объекты;
- 2) недвижимые объекты;
- 3) совокупности однотипных объектов.

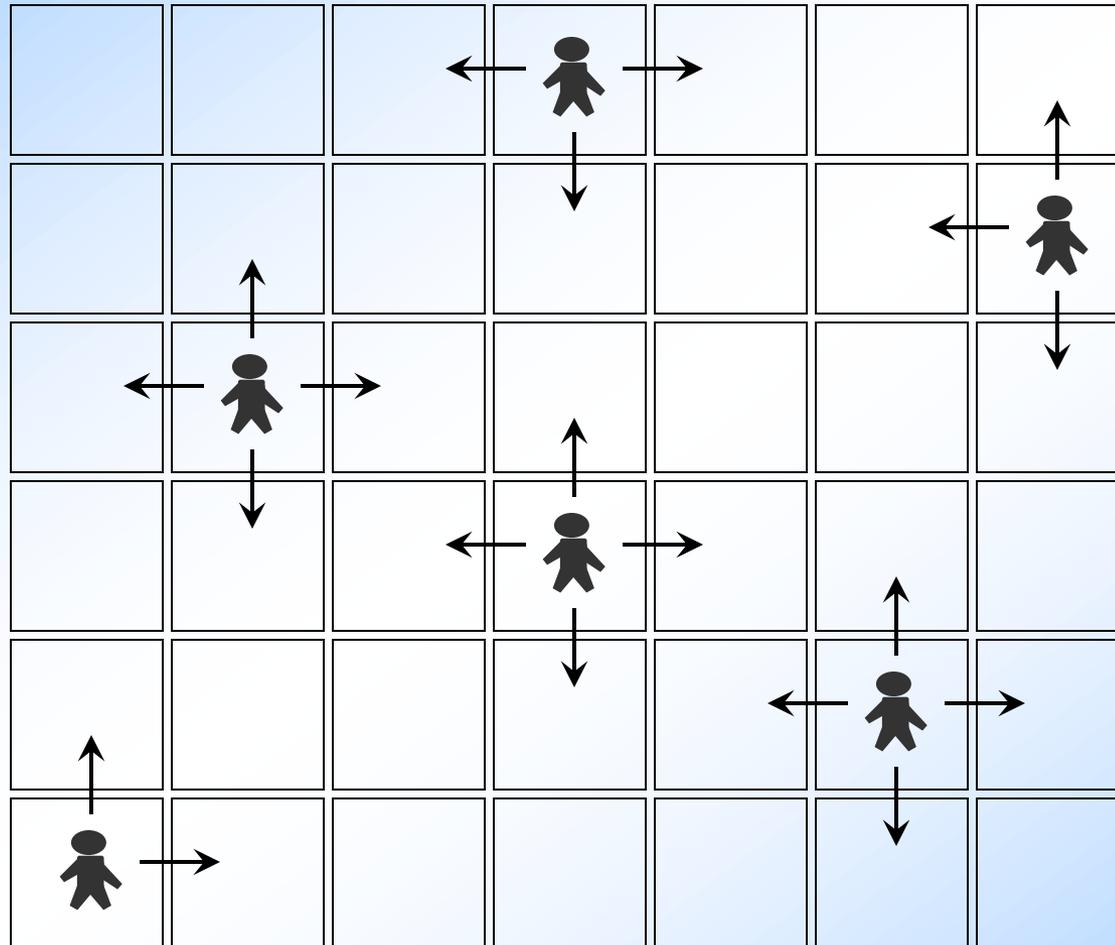
Вообще говоря, агентами в АОМ могут быть любые наблюдаемые в реальной жизни объекты, однако основной задачей их учета в рамках модели является их корректная спецификация.

Как правило, для описания агента используются параметры, переменные, функции, поведенческие диаграммы, представляющие собой, к примеру, схемы UML (*Unified Modeling Language*), отражающие состояния агентов в определенный момент времени.

Агенты в евклидовом 2D пространстве



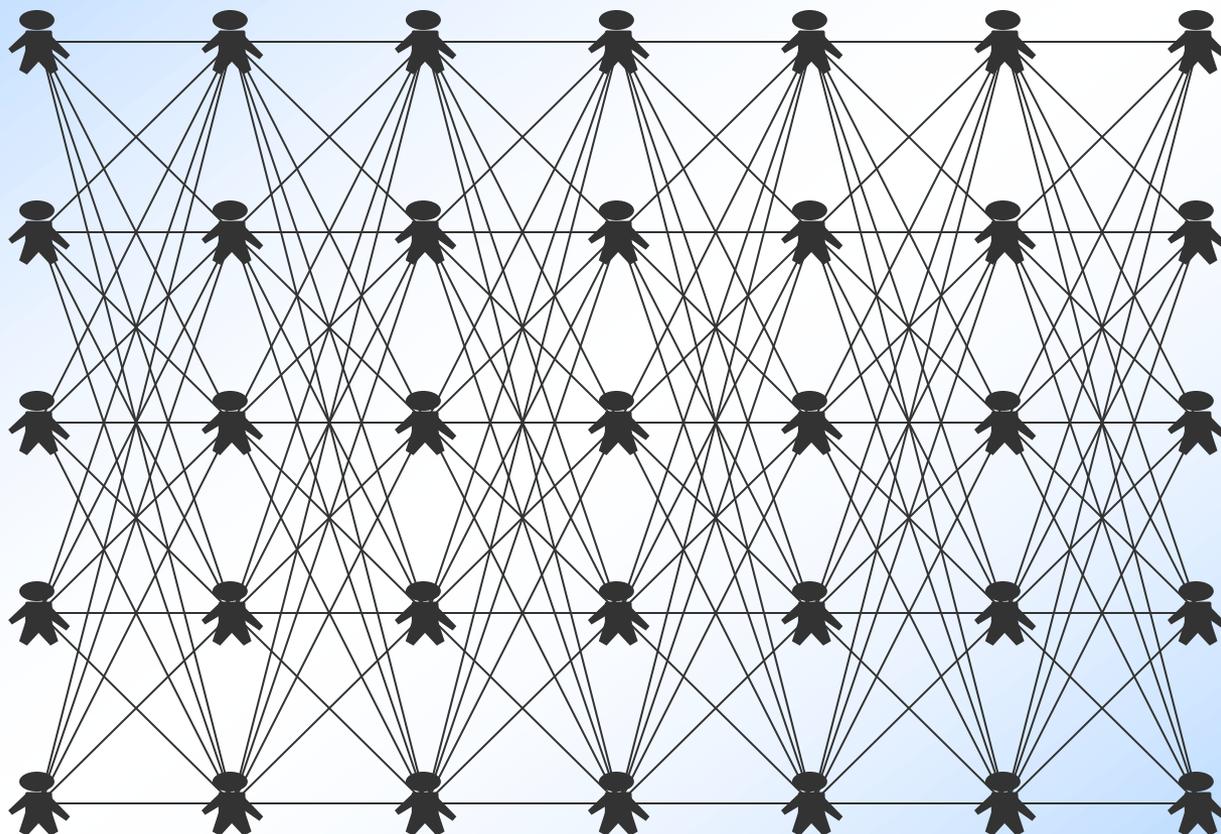
Решетка – среда для перемещения агентов



Агенты в ГИС



Взаимодействие агентов в рамках некоторой сетевой структуры

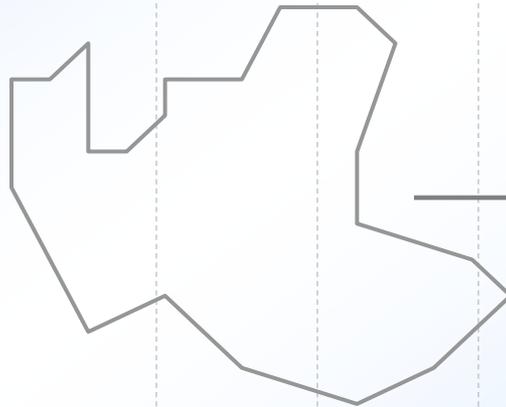
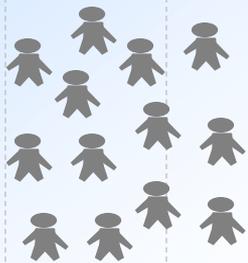


Соотношение основных подходов к имитационному моделированию различных объектов и трех уровней абстракции

Агентное моделирование

Дискретно-событийное моделирование

Системная динамика



Низкий уровень абстракции
(микроуровень)

Средний уровень абстракции
(мезоуровень)

Высокий уровень абстракции
(макроуровень)

АОМ стали использоваться для решения множества задач, например:

- оптимизация сети поставщиков и планирование перевозок;
- планирование развития производства;
- прогнозирование спроса на продукцию и объема продаж;
- оптимизация численности персонала;
- прогнозирование развития социально-экономических систем (городов, регионов);
- моделирование миграционных процессов;
- имитация и оптимизация пешеходного движения;
- моделирование транспортных систем;
- прогнозирование экологического состояния окружающей среды и т.д.

Преимущества АОМ

АОМ позволяют смоделировать систему максимально приближенную к реальности. Степень детализации АОМ по сути ограничиваются только возможностями компьютеров. Более того, в ряде АОМ передвижение агентов задается без использования сложных формул, но с помощью заранее определенных маршрутов и простых правил, с одной стороны имитирующих адаптивное мышление в процессе принятия решений, а с другой – позволяющих получить неочевидные результаты на уровне агрегированных параметров. Примерами таких АОМ могут быть модели, имитирующие передвижение пешеходов, покупателей в крупных торговых центрах, спецтехники на складах и т.д.

АОМ обладают свойством эмерджентности. К примеру, в одной из моделей имитируется работа транспортной системы г. Москвы, при моделировании которой мы определяли поведение только отдельных агентов, в то время как более общие явления – автомобильные пробки или параметр, отражающий уровень загруженности дорог города, определялись уже в процессе работы модели.

Преимущества АОМ

Важным преимуществом агентного моделирования является возможность построения моделей с учетом отсутствия знаний о глобальных зависимостях в рамках моделирования соответствующей предметной области. Важно представлять логику поведения отдельных агентов, что в свою очередь может помочь в получении более общих знаний об изучаемом процессе.

АОМ является гибким инструментом, позволяющим легко добавлять и удалять агентов в модели, а также менять параметры и правила их поведения.

Программное обеспечение

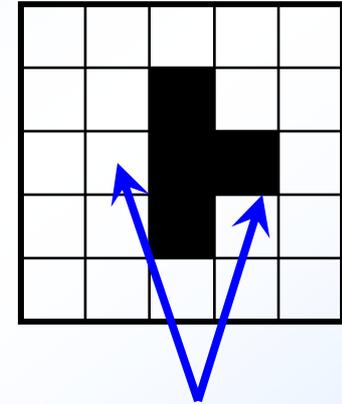
Существуют различные программные средства (например, NetLogo, Repast, SWARM, отечественный продукт AnyLogic), позволяющие разрабатывать агент-ориентированные модели.

Известные примеры АОМ

Три правила игры "Жизнь"

1

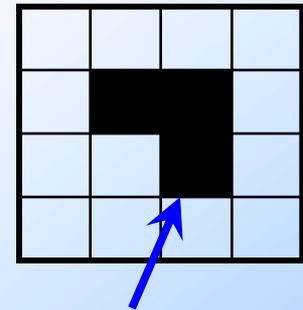
Если для некоторой клетки (*занятой или свободной*) ровно три ближайшие клетки заняты, то она будет занята в следующий момент времени



Пример: занятая или свободная клетка

2

Если для некоторой занятой клетки заняты также ровно две соседние клетки, то она будет занята в следующий момент времени

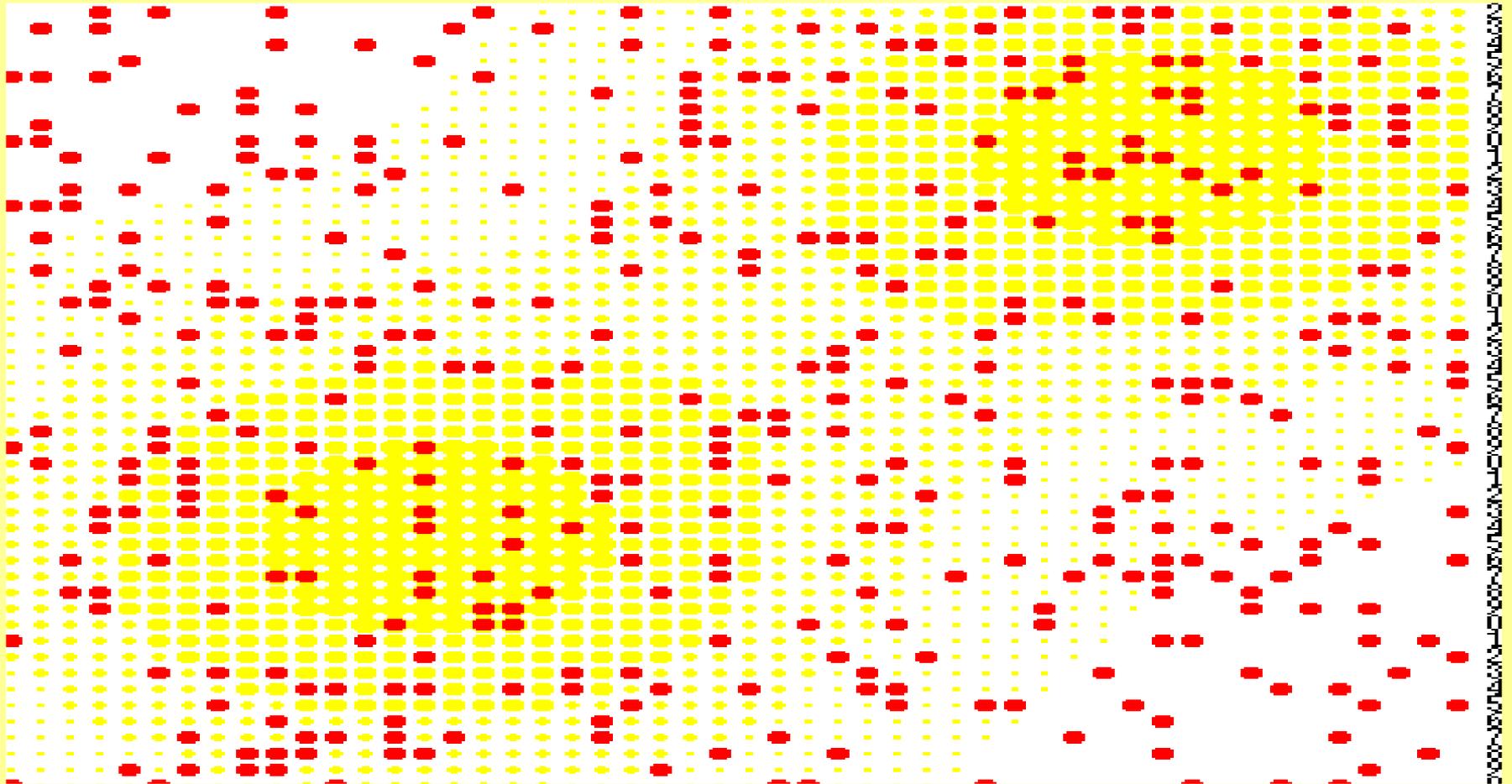


Пример: занятая клетка

3

Во всех остальных ситуациях в следующий момент времени клетка остается свободной (т.е. слишком плотная населенность или наоборот – разреженность приводят к невозможности жизни)

Другой не менее известной АОМ является сахарная модель (SugarScare), предложенная Джошуа Эпштейном и Робертом Экстеллом (Epstein, Axtell (1996)).



Помимо названных моделей существует достаточно большое количество АОМ, схожих с упомянутыми и в каком-то смысле являющихся их клонами (с незначительными вариациями).

Модель распространения инфекции. В двумерном пространстве задается совокупность людей, поделенных на три группы: 1) потенциально инфицированные, но пока здоровые; 2) инфицированные и 3) здоровые и уже обладающие иммунитетом. Люди могут умереть либо от болезни, либо от старости. В процессе работы модели они перемещаются в пространстве и вступают друг с другом в контакт. Изменяя количество здорового и инфицированного населения, способ перемещения людей, возрастной порог, вероятность смерти от инфекции и прочие параметры, можно моделировать скорость распространения инфекции и определять ситуации, при которых рассматриваемому социуму удастся полностью победить болезнь (Yorke (1979)); (Wilensky (1998)).

Модель сегрегации Шеллинга (Schelling (1978)).

Тепловые жуки (Heat Bugs) (Wilensky (2004)).

The System Effectiveness Analysis Simulation (SEAS)

The screenshot displays the SEAS 3.3 simulation environment. The central 3D view shows a terrain map with various military units and communication networks. A green arrow points from the Russian text to the terrain map. The interface includes a 'Primary Side' panel on the left, an 'Other Side(s)' panel on the right, and a status bar at the bottom.

Run #1/10 2/13 Days 15:26 of 21:20 Elapsed

Primary Side

- Blue
- Blue_NCA
- B_JFC
- JFLCC
- K_Armor_Mid
- K_Mech_North
- Mech_BCT_4
- Mech_BCT_5
- Blue_Recon_Btn
- Blue_Armor_Btn (2)
- M1 (10)
- M3 (5)
- Avenger
- BGnd_HIOrder
- SINAGAS_V
- Blue_Mech_Btn (2)
- B_AV
- Blue_Arty_Btn (2)
- BFSTV (2)
- B_SC_EHF_Rc
- B_SC_UHF_Rc
- B_SC_UHF_Tr
- BGnd_HIOrder_Tr
- Mech_BCT_6
- B_1st_Armor_Div
- B_SC_UHF_Rc
- B_SC_UHF_Tr
- BNaval_OrderNet
- CAST_Prod_Rc
- JFMCC
- BlueCVN
- F18 (6)
- B_SC_EHF_Rc
- B_SC_UHF_Rc
- BNaval_OrderNet
- BAir_OrderNet
- SAG-b
- DDX
- DDG
- BNaval_OrderNet
- SAG-a
- LHD
- BNaval_OrderNet
- JFACC
- Blue_JAOC
- Blue_AEF1
- F22 (3)
- JSF (3)
- F15 (3)
- JTIDS_Lk16
- BAir_OrderNet
- AtoG_Rada
- B_Air-Air_F
- AIM 120 (2)

Other Side(s)

- Red
- Red_Army
- R_Armor_Div_2
- R_Armor_Div_4
- Red_Mech_B
- T80 (9)
- BMP (3)
- Red_AD_Btn
- RedShort
- R_Arty_C
- Red_Mech_B
- Red_Arty_Btn
- Red_AD_Btn
- Red_Recon_Btn
- CruiseM_TEL
- CellPhone
- RedGroup
- R_CB_Ra
- Red_Cruis
- RSatData_Rc
- RedGround
- RedShort
- R_Mech_Inf_1
- R_Mech_Inf_3
- R_Mech_Inf_5
- Red_MANPADS_I
- R_AD_Jeep (
- RedShort
- R_AD_Nig
- SA-7 (4)
- RedGround
- RedShort
- Red_Repair_Dept
- NBC_Facilities
- POL_Facilities
- Depot_Storage
- Bridges_Roads
- Red_Air_Force
- Red_IAD_HQ
- SimStop_ChkUnit
- Red_Strategic_Rocke
- TEL_Depot_SR
- SR_TBM_Btn
- TBM_TEL_Lin
- TEL_Depot_MR
- TEL_Depot_LR
- Red_HUMINT
- Red_CorNode_U
- Spot_6
- RSatData_Tr
- Redsat_EO_S
- Spot_7
- Spot_8
- Red_Decorator_Forc

ландшафт местности, количество основных боевых единиц (пехота, самолеты, танки и др. техника)

<- 1167.039 km ->

Два современных тренда развития АОМ:

1. АОМ на основе геоинформационных систем
2. АОМ на суперкомпьютерах

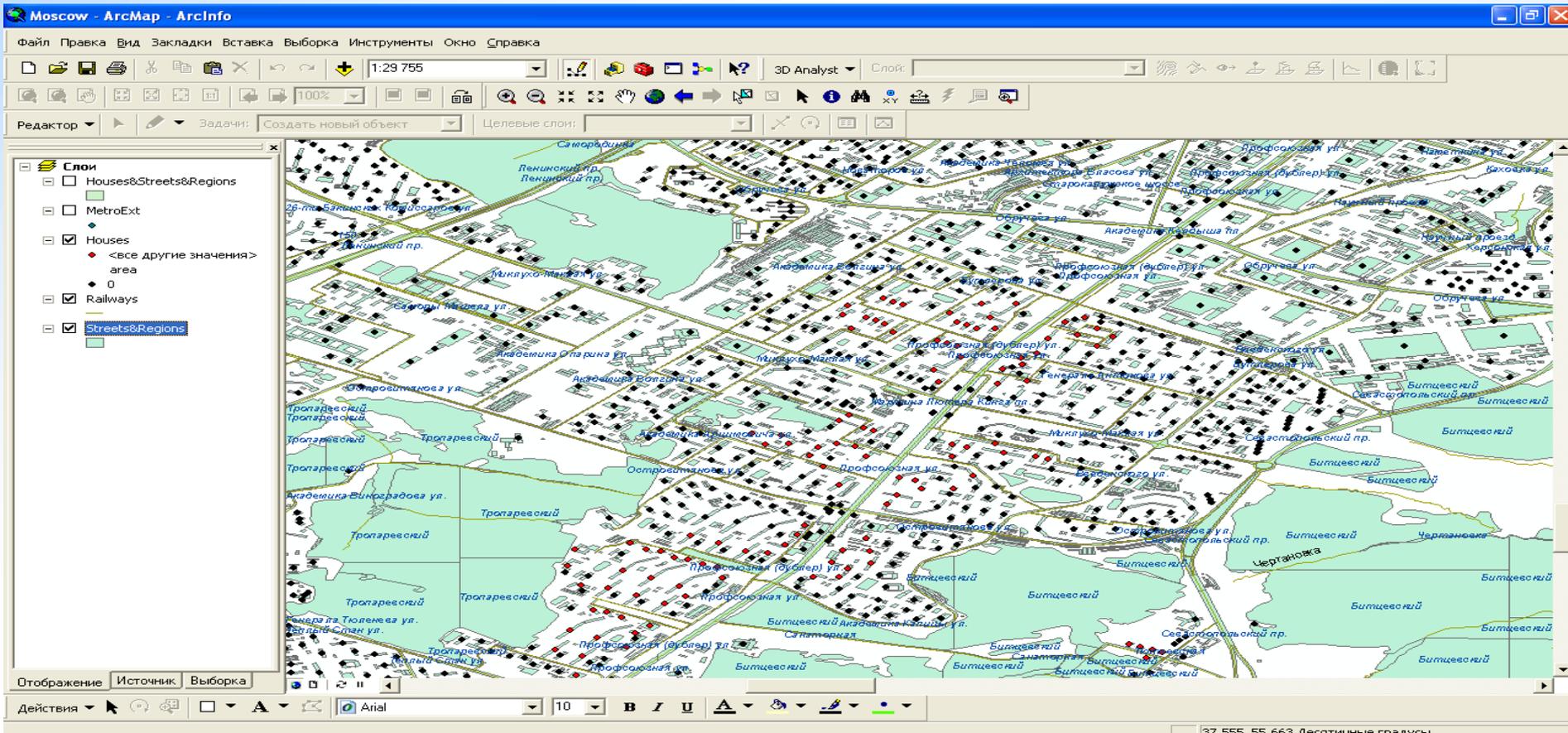
Построение агент-ориентированных моделей на основе ГИС

Решаемые с помощью ГИС задачи

- Оптимизация размещения предприятий;
 - Поиск места под новое строительство (транспортное, жилищное, промышленное);
 - Управление инфраструктурой (энергосети, трубопроводы, дорожное хозяйство);
 - Кадастровое картографирование земель и объектов собственности;
 - Планирование землепользования, анализ пригодности земель, районирование и комплексная оценка территорий;
 - Экологический мониторинг, оценка и прогнозирование состояния окружающей среды;
 - и т.д.
-
- **Новое направление: использование ГИС для агент-ориентированных моделей.**

Разработка ГИС ЮЗАО г. Москвы в ЦЭМИ РАН

1. Прописка – плотность проживания жителей;
2. ГИБДД – плотность проживания владельцев автомобилей;
3. Налоговая отчетность – плотность проживания людей с различными доходами;
4. ЕГРЮЛ (предприятия Москвы) – данные по инфраструктуре города в разрезе юридических лиц (адрес, оборот, специализация – ОКВЭД и т.д.).



Такая система позволяет решать широкий круг задач даже без применения математических методов и моделей – к примеру, задачи **геомаркетинга**.

Допустим, требуется обосновать выбор места для открытия нового торгового центра.

В этом случае ГИС с упомянутой детализацией позволит провести пространственный анализ данных, сканируя слои ГИС, с целью оптимизации будущего расположения центра относительно:

- целевого сегмента (жителей с определенным уровнем дохода);
- конкурентов;
- точек собственной сети;
- объектов городской инфраструктуры (метро, рынки, бизнес-центры и пр.);
- и др.

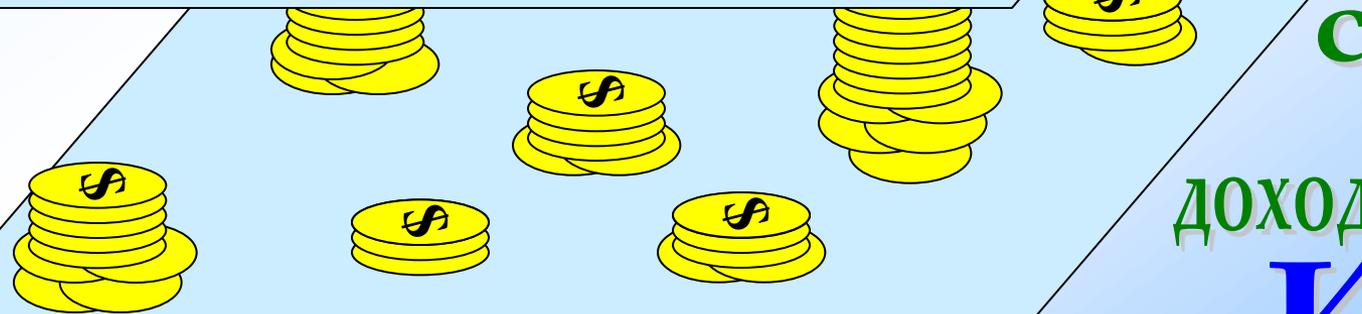
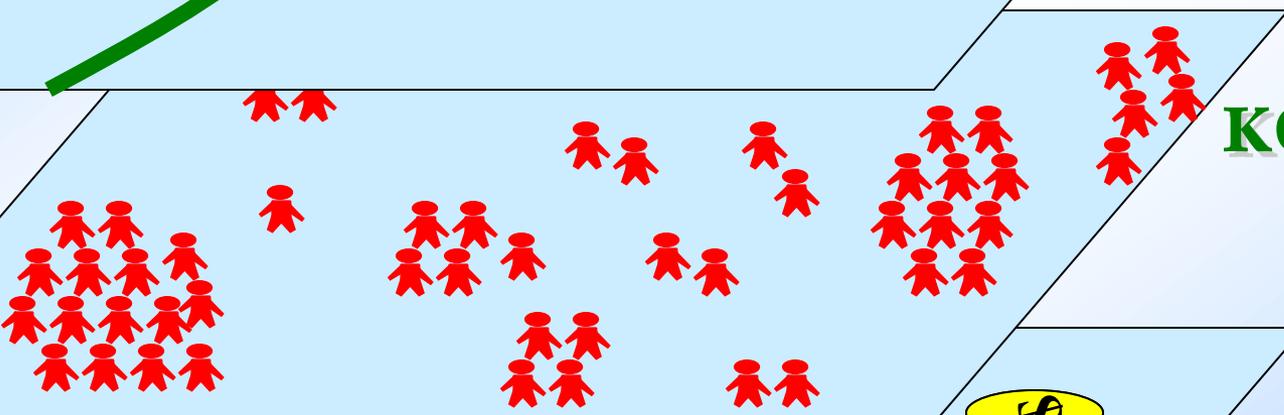
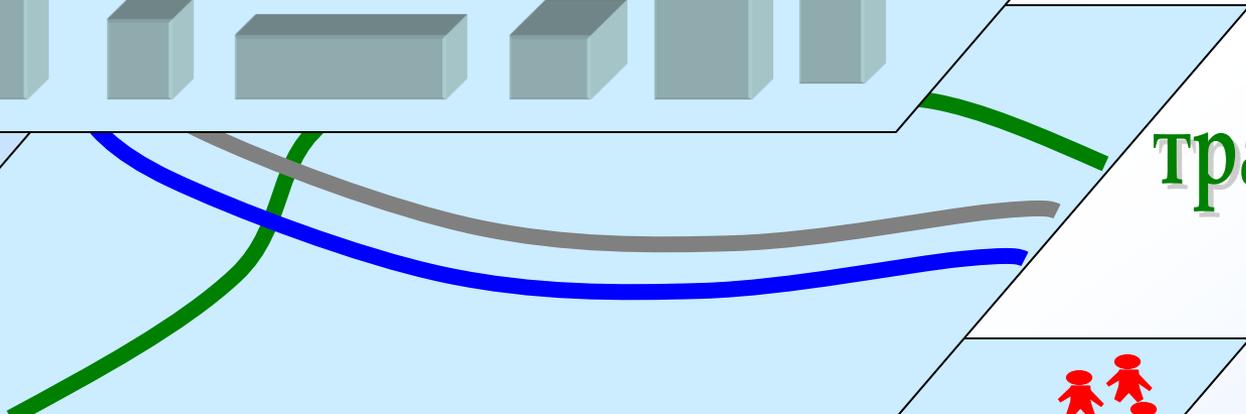
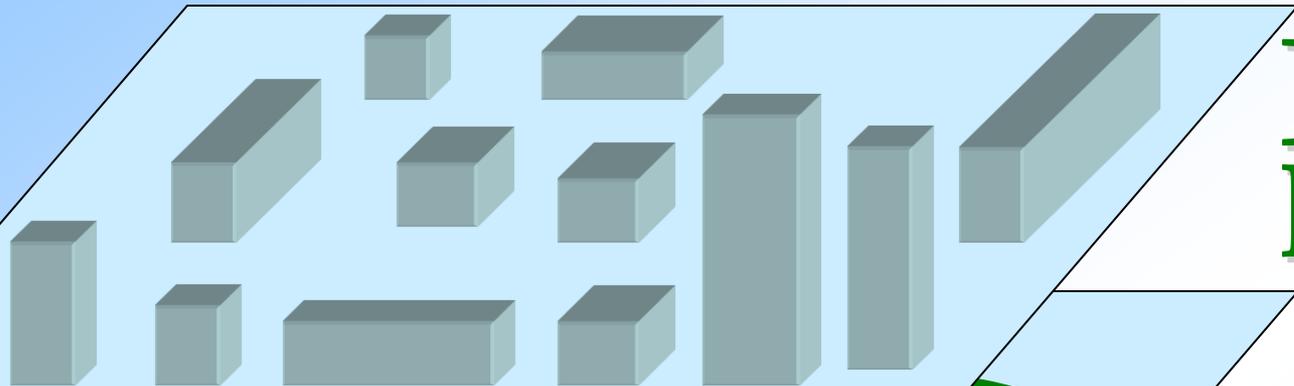
ГИС Москвы

транспортная
система

количество
жителей
по домам

средний
уровень
дохода (по домам)

И Т.Д.



ГИС-технологии, используемые в основном для анализа и визуализации пространственных данных, первоначально не рассматривались в качестве инструментов для динамического имитационного моделирования.

Вместе с тем, все возможности ГИС:

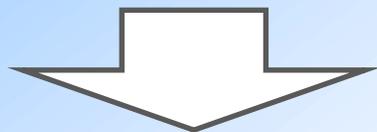
- сложный анализ пространственных данных;
- создание и редактирование пространственных объектов;
- размещение символов и надписей на карте, анализа поверхности;
- правила пространственного поведения объектов;

пользователи используют через графический интерфейс, но в том числе доступ к ним возможен и через интерфейс программирования API.

Таким образом, производители ГИС систем способствуют расширению областей их применения (в том числе и за счет **агентного моделирования**), тем самым увеличивая рыночный потенциал своих продуктов.

Интеграция агент-ориентированных моделей и геоинформационных систем

Механизмы интеграции АОМ И ГИС



Первый способ: ГИС и АОМ – отдельные продукты

Первый тип связывания:
слабая (неплотная) связь –
выполнение асинхронных
операций

Второй тип связывания:
сильная связь через COM или
.NET интерфейсы;
одновременное выполнения
кода

Второй способ: создание единой системы.
Интегрирование АОМ и ГИС в
единую систему, называемую

1) ГИС-центричной

или

2) АОМ-центричной

в зависимости от того, на базе
какого из инструментов
осуществлено интегрирование

Ведущие эксперты в области АОМ отмечают, что на данный момент существует ряд нерешенных вопросов, возникающих при совмещении АОМ и ГИС, связанных с обработкой данных, а также с поиском наиболее эффективных способов обработкой данных агентами и т.д. (*Gilbert, 2007*).

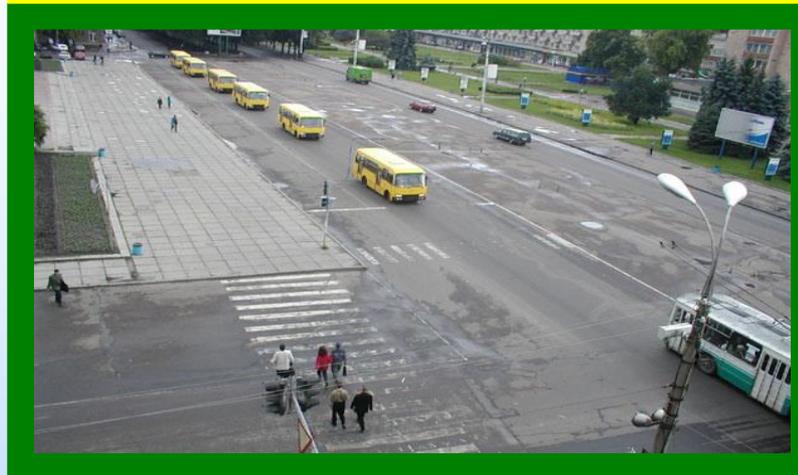
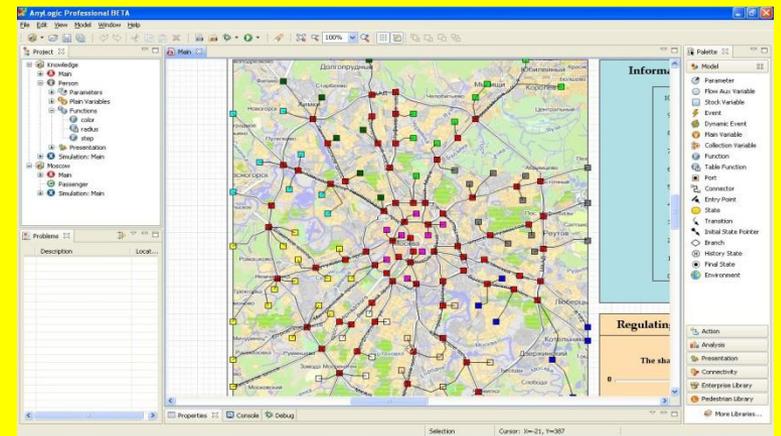
Самой важной проблемой является пока еще не совсем удовлетворительная скорость работы АОМ, построенной на базе ГИС, и включающей в себя большое количество агентов. Решение проблемы пока видится в увеличивающейся производительности современных процессоров и в распараллеливании кода ресурсоемких моделей (*Kennedy, Lane, Fuentes, Hollocher, Madey, 2009*).

**Построение агент-ориентированных
моделей на основе ГИС.**

Примеры использования.

Пример:
Агент-ориентированная
модель автомобильных
пробок
(на примере Москвы)

В.Л. Макаров,
А.Р. Бахтизин,
В.А. Житков



Разработанная модель позволяет решать задачи масштаба городской агломерации, связанные с оценкой работы всей транспортной системы в результате изменения следующих ее элементов:

- введение новых радиальных или кольцевых автомагистралей;
- строительство новых жилых районов или ввод в эксплуатацию объектов, концентрирующих вокруг себя транспортные потоки (к примеру, это может быть крупный торговый центр);
- временное закрытие или ликвидация какого-либо элемента транспортной системы;
- введение экономических санкций (плата за проезд по магистрали, за въезд в зону центра и т.п.).

В модели три типа агентов: 1) агент (человек), который хочет добраться из пункта *A* в пункт *B*; 2) легкой автомобиль, перевозящий в среднем 2-х человек; 3) общественный транспорт, перевозящий примерно 150 человек.

Агенты первого типа принимают решение о выборе транспортного средства (т.е. о выборе агента второго или третьего типа) исходя из ряда факторов (затраты денег, времени и уровень комфорта). Агенты второго и третьего типа имеют привязку к анимационной диаграмме, меняющейся в режиме реального времени, а их отображение (т.е. скорость перемещения и местоположение в момент времени t) зависит от конкретной ситуации.

http://gisagents.org/

GIS and Agent-Based Modelling: ABS2: Agent Based Spatial Simulation - Microsoft Internet Explorer

Файл Правка Вид Избранное Сервис Справка



Адрес: <http://gisagents.blogspot.com/2008/12/abs2-agent-based-spatial-simulation.html>

GIS and Agent-Based Modelling

A blog focused around our interests in Geographical Information Science (GIS) and Agent-Based Modelling (ABM)

Home

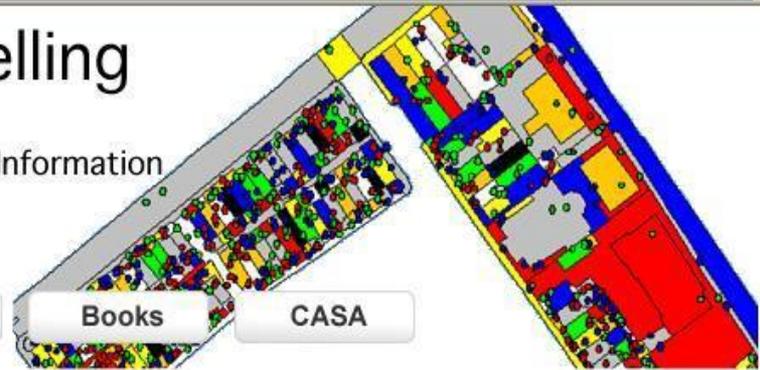
About

Links

Contact

Books

CASA



Ads by Google

[Agent Based Modelling](#)

Individual Attributes & Behaviours Health, Defence and Staffing Apps
www.decisionmodelling.com

[ITIL simulation & gaming](#)

Accelerate ITSM/ITIL understanding and acceptance with simulation
www.g2g3.com

[Geostatistics Software](#)

MONDAY, DECEMBER 22, 2008

ABS2: Agent Based Spatial Simulation

A few weeks ago I attended a S4 workshop entitled “[ABS2 Agent Based Spatial Simulation](#)” organised by the SIMBAD (Simulation Based on Agents to Aid Decision) working group. The meeting was very interesting bringing agent-based modellers from a range of European countries to discuss recent work. The full program and presentations can be found [here](#).

Modellers used a variety of software toolkits ranging from NetLogo, JADE, MATSims, AnyLogic and bespoke programs to explore a variety spatial simulations ranging from traffic simulations to land use change.



For example, road charging in Moscow (using AnyLogic), using MATSim to model travel and locational choices in Lyon, urban daily

SUBSCRIBE TO

Posts

Comments

BLOG ARCHIVE

▼ 2009 (16)

▼ March (3)

[The Research Potential of Virtual Worlds for ABM](#)

[Simulating Crime with Agent-Based Models](#)

[Segregation within Social Networks](#)

**Запуск агент-
ориентированных
моделей на
суперкомпьютерах**

Второй тренд развития агентных моделей – **суперкомпьютерное моделирование**. Это направление активно развиваются и на мировых конгрессах, посвященных АОМ, уже давно рассматриваются на пленарных докладах, а также обсуждаются на специализированных сессиях.

К примеру, SC Conference Series – ежегодная конференция с 1988 г. Среднее число участников – 5 000.



Почему это актуально? Потому что в ближайшее время прогнозируется «шквал» данных

Среди приоритетных направлений развития информационно-телекоммуникационных систем - **предсказательное суперкомпьютерное моделирование**, и, в частности, создание систем краткосрочного и долгосрочного предсказательного моделирования социальных явлений и событий.

Компания IDC (International Data Corporation) предсказывает достижение общего объема данных к 2020 г. в **35 000** экзабайт, по сравнению с **1 200** экзабайт в 2010 г., что означает почти **30-кратный** рост за **10 лет** (блоги, социальные сети, аналитические материалы, фото, карты и др.).

Необходимость обработки такого объема данных обуславливает появление аналитических систем нового поколения, включающих усовершенствованные методы вычислений, распознавания образов, организации хранилищ данных, сбора статистика с целью извлечения смысла из данных и получения информационного контекста. В том числе ставка делается и на агентные модели.

Почти 100 пакетов для АМ

1) A3 / AAA (Agent Anytime Anywhere) 2) ABLE (Agent Building and Learning Environment) 3) Altreva Adaptive Modeler 4) ADK (TryllianAgent Development Kit) 5) **AgentBuilder** 6) AgentSheet 7) **AnyLogic** 8) AOR Simulation 9) AgentService 10) Ascape 11) Brahms 12) Breve 13) Boris 14) Construct 15) **Cormas(Common-pool Resources and Multi-Agent Systems)** 16) Cougaar 17) CybelePro 18) DeX 19) DigiHive 20) D-OMAR(Distributed Operator Model Architecture) 21) ECHO 22) ECJ 23) FAMOJA(Framework for Agent-based MOdelling with Java) 24) Framsticks 25) **FLAME** 26) **FLAME GPU** 27) FLUXY 28) GAMA 29) GPU Agents 30) GROWlab 31) iGen 32) ICARO-T 33) Insight Maker 34) JABM 35) **JADE** 36) JAMEL (Java Agent-based MacroEconomic Laboratory) 37) Janus 38) JAS 39) JASA (Java Auction Simulator API) 40) **Jason (Jason:Interpreter for extension of AgentSpeak)** 41) JCA-Sim 42) jES (Java Enterprise Simulator) 43) jEcho 44) JESS 45) LSD (Laboratory for Simulation Development) 46) **Madkit (Multi Agent Development Kit)** 47) MAGSY 48) MAML (Multi-Agent Modeling Language) 49) **MASON** 50) MASS (Multi-Agent Simulation Suit) 51) MAS-SOC (Multi-Agent Simulations for the SOCial Sciences) 52) MIMOSE (Micro-und Multilevel Modelling Software) 53) modelling4all(Rich Internet Application building on NetLogo) 54) Moduleco 55) MOOSE(Multimodeling Object-Oriented Simulation Environment) 56) **NetLogo** 57) OBEUS (Object Based Environment for Urban Simulation) 58) Omonia(previouslyQuicksilver) 59) oRIS 60) PS-I (Political Science-Identity) 61) **Repast** 62) SDML (Strictly Declarative Modeling Language) 63) **SEAS (System Effectiveness Analysis Simulation)** 64) SeSAm (Shell for Simulated Agent Systems) (fully integrated graphical simulation environment) 65) Jade's sim++ 66) JIAC 67) SimPlusPlus 68) SimAgent (alsosim agent) 69) SimBioSys 70) SimPack 71) Spatial Modeling Environment(SME) 72) Soar 73) **StarLogo** 74) MacStarLogo 75) OpenStarLogo 76) StarLogoT 77) StarLogo TNG 78) Sugarscape 79) **Swarm** 80) TerraME 81) VisualBots 82) VSEit 83) Xholon 84) ZEUS и др.

НО

Общая проблема – все эти продукты, реализованы в средах разработки изначально не предназначенных для распараллеливания программного кода

- Eclipse
- Visual Studio
- и многие другие

Проблема

Основная проблема (связанная с интенсивным межагентным взаимодействием) заключается в эффективном распараллеливании программного кода между процессорами.

Способ 1

При распараллеливании кода, агенты модели равномерно делятся на группы, количество которых соответствует числу процессоров.

Способ 2

основан на разделении людей – агентов модели в соответствии с их географическим месторасположением.

Если первый способ влечет за собой увеличение вычислительной нагрузки за счет ресурсоемких контактов, то второй способ в ряде случаев несет в себе потенциальную опасность значительного дисбаланса между аппаратными ресурсами. К примеру, вспышка какого-либо заболевания в одном из регионов загрузит один из вычислительных узлов, в то время как другие будут простаивать.

Известное ПО для распараллеливания АМ

- RepastHPC (Аргоннская национальная лаборатория)
- Pandora (Barcelona Supercomputing Centre)
- ABM++ (Лос-Аламосская национальная лаборатория)

Общие недостатки

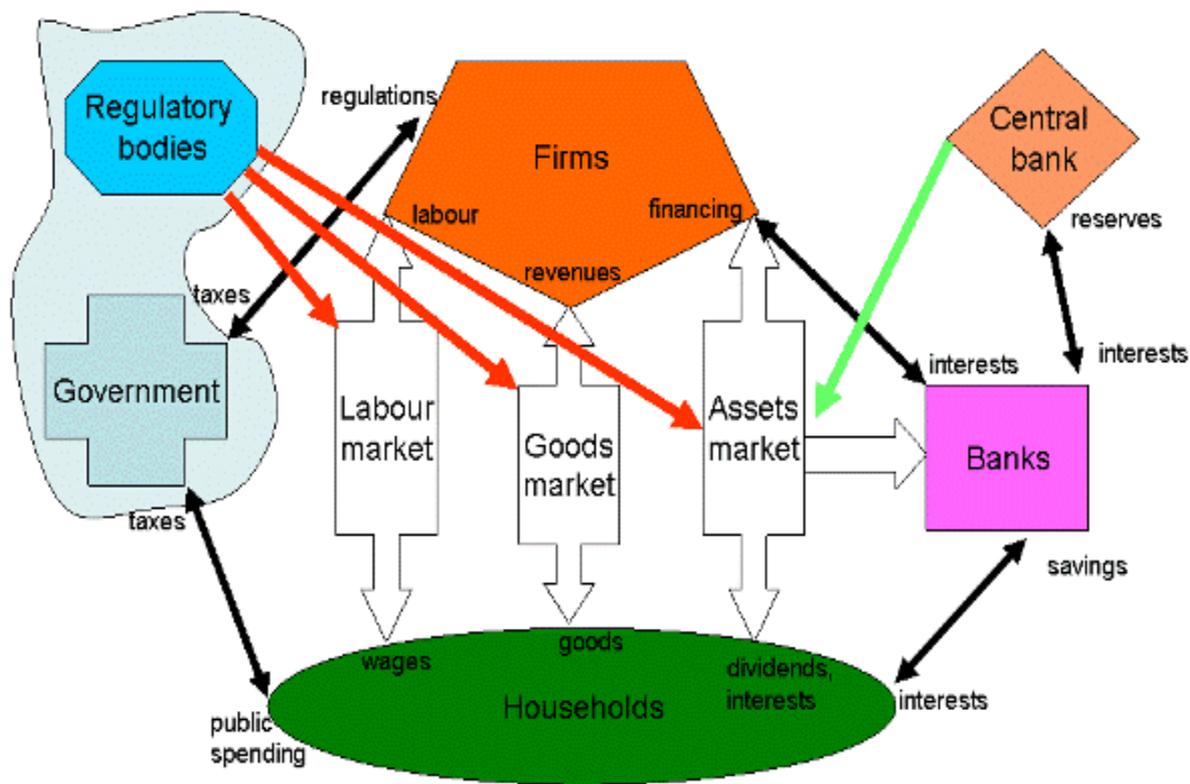
- ❑ Все эти пакеты изначально разрабатывались не как средства разработки приложений широкого спектра, а как программы для решения специфических задач и в этой связи имеют естественные ограничения.
- ❑ Их использование напрямую на кластерах затруднительно в виду отсутствия монопольного доступа
- ❑ Отсутствие средств визуализации (даже у Repast это решетка, а Pandora – пока еще плохо настроенный конвертер в ГИС)

Опыт запуска агент-ориентированных моделей на суперкомпьютерах (наиболее известные примеры)



В сентябре 2006 г. стартовал проект по разработке крупномасштабной агент-ориентированной модели европейской экономики (EURACE, т.е. Europe ACE (Agent-based Computational Economics)) с очень большим количеством автономных агентов, взаимодействующих в рамках социально-экономической системы.

8 научно-исследовательских центров (Италия, Франция, Германия, Великобритания, Турция и др., а также консультант из Колумбийского университета США – нобелевский лауреат Джозеф Стиглиц.



В модели три типа агентов: домашние хозяйства (около 10 млн.), предприятия (около 100 тыс.) и банки (около 100). Все они имеют географическую привязку, а также связаны друг с другом посредством социальных сетей, деловых отношений и т.д.

Для модели используется географическая информационная система (ГИС) с широким перечнем рассматриваемых объектов – предприятия, магазины, школы, транспортные сети и т.д.

Под руководством Джошуа Эпштейна и Джона Паркера в Центре социальной и экономической динамики в Брукингском институте (Center Social and Economic Dynamics at Brookings) была построена **агент-ориентированная модель**, включающая в себя все население США, т.е. порядка **300 млн. агентов** (Parker, 2007), перемещающихся по карте страны в соответствии с матрицей корреспонденций размерностью **4000×4000**.

С ее помощью был проведен вычислительный эксперимент, имитирующий **300-дневную имитацию** распространения болезни, особенности которой заключаются в **96-часовом** периоде инкубации и **48-часовом** периоде заражения.

Один из результатов исследования заключался в том, что распространение заболевания идет на спад после того как **65% людей** выздоровели и приобрели иммунитет. Эта модель была неоднократно использована в Университете Джонса Хопкинса (Johns Hopkins University), а также в Департаменте национальной безопасности США для исследований по быстрому реагированию на различного рода эпидемии (Epstein, 2009).

С ее помощью имитировались последствия от распространения вируса гриппа А(Н1N1/09).

Далее модель была расширена до Глобальной Агентной Модели (Global-Scale Agent Model (GSAM)), включающая 6,5 млрд. агентов, которые взаимодействуют друг с другом, а также осуществляют передвижения в соответствии с доступной для разработчиков статистической информацией. Руководителем проекта по ее разработке является Джон Паркер. По сути, эта модель, представляющая все население планеты, на данный момент является самой большой агент-ориентированной моделью.

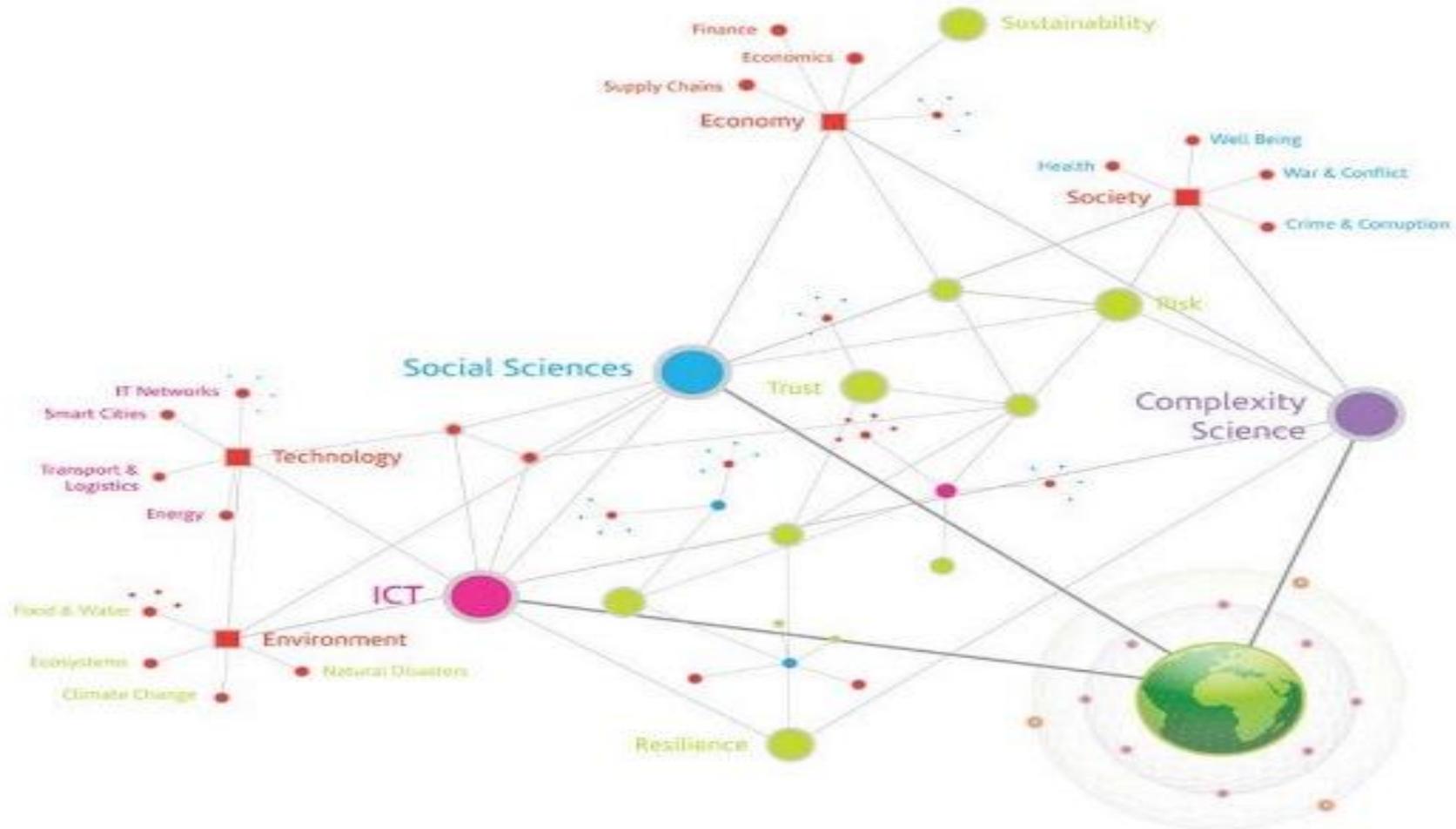
Результаты расчетов отображаются на карту планеты, имеющую динамическую цветовую маркировку в соответствии со статусом агентов, проживающей в той или иной местности. **Черный** цвет обозначает восприимчивых к заболеванию агентов, **красный** используется для выделения инфицированных, а **синий** для выздоровевших или умерших агентов. На рисунке показано состояние агентов – жителей планеты по прошествии 4,5 месяцев с начала пандемии вируса H1N1 в Токио.



В 2010 г. компания **Microsoft** анонсировала компьютерную модель мира с использованием в том числе агент-ориентированного подхода, т. е., по сути, создание виртуальной реальности, описывающей текущее состояние социальной и экономической системы всего мира. Более подробную информацию можно найти на сайте www.modelingtheworld.com.



Беспрецедентный междисциплинарный проект **FuturICT** по моделированию технологической, социальной и экономической систем мира, стартовал в **2012 г.** и вовлек ученых практических со всех развитых стран. Срок его реализации **10 лет**, а начальное финансирование – 1 млрд. евро. Руководители проекта делают особый акцент на использование самых передовых информационных технологий.



Использование новейших достижений в области естественных наук (математики, физики, химии и др.) и общественных наук (экономики, социологии, психологии, истории и др.) позволит разработать систему мониторинга состояния глобальной социально-экономической системы мира (позволяющую прогнозировать: • развитие социально-экономических систем (в разрезе стран); • общественные настроения; • миграционные процессы; • демографическую ситуацию; • состояние окружающей среды)



По мнению одного из руководителей проекта – Дирка Хелбинга (Dirk Helbing), несмотря на актуальность разработки таких многоуровневых систем и существование некоторых их компонент, комплексного продукта до сих пор нет по причине институциональных барьеров и нехватки ресурсов. В этой связи FuturICT обещает стать первым в своем роде.

FuturICT организован как сеть национальных центров, каждый из которых представлен несколькими научными учреждениями в рамках одной страны. Помимо такой сети, в проекте есть еще проблемно-ориентированная сеть, включающая головные центры нескольких стран и направленная на решение отдельных научных направлений. Таким образом, FuturICT интегрирует организации на институциональном и проблемном уровнях.

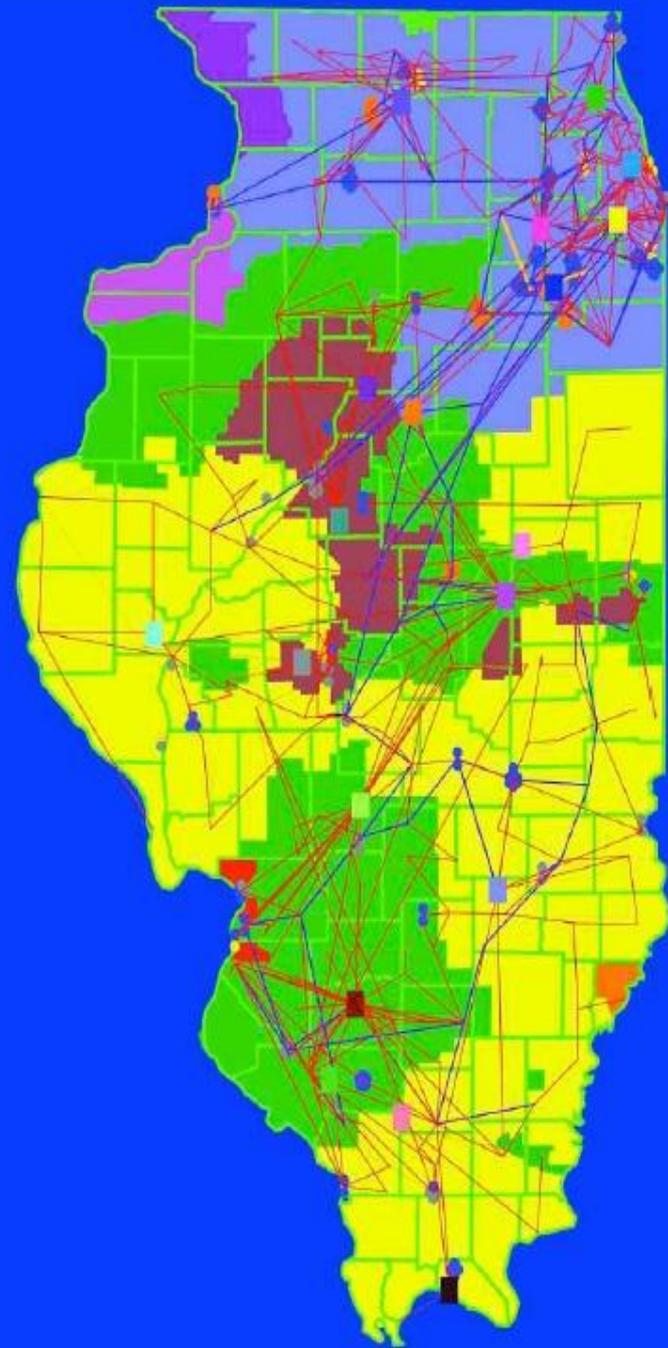


www.futurict.eu

Агент-ориентированные модели для систем с эксафлопной производительностью

Исследователи из Аргоннской национальной лаборатории (Argonne National Laboratory) работают над созданием агентных моделей нового поколения, которые, по мнению разработчиков, должны позволить достичь существенного прогресса в науке и технике (и, в том числе, в общественных дисциплинах). Эти модели будут вычисляться в рамках систем с эксафлопной производительностью (10^{18} флоп/с), которые могут появиться уже в ближайшие годы (2016 - 2018 гг.) на смену существующим суперкомпьютерам петафлопсного уровня (т.е. порядка 10^{15} флоп/с).

На данный момент ученые разработали и используют крупномасштабную агент-ориентированную модель – комплексную адаптивную систему рынка электроэнергии (Electricity Markets Complex Adaptive Systems, EMCAS), используемую для оценки последствий дерегулирования рынка электроэнергии в штате Иллинойс.



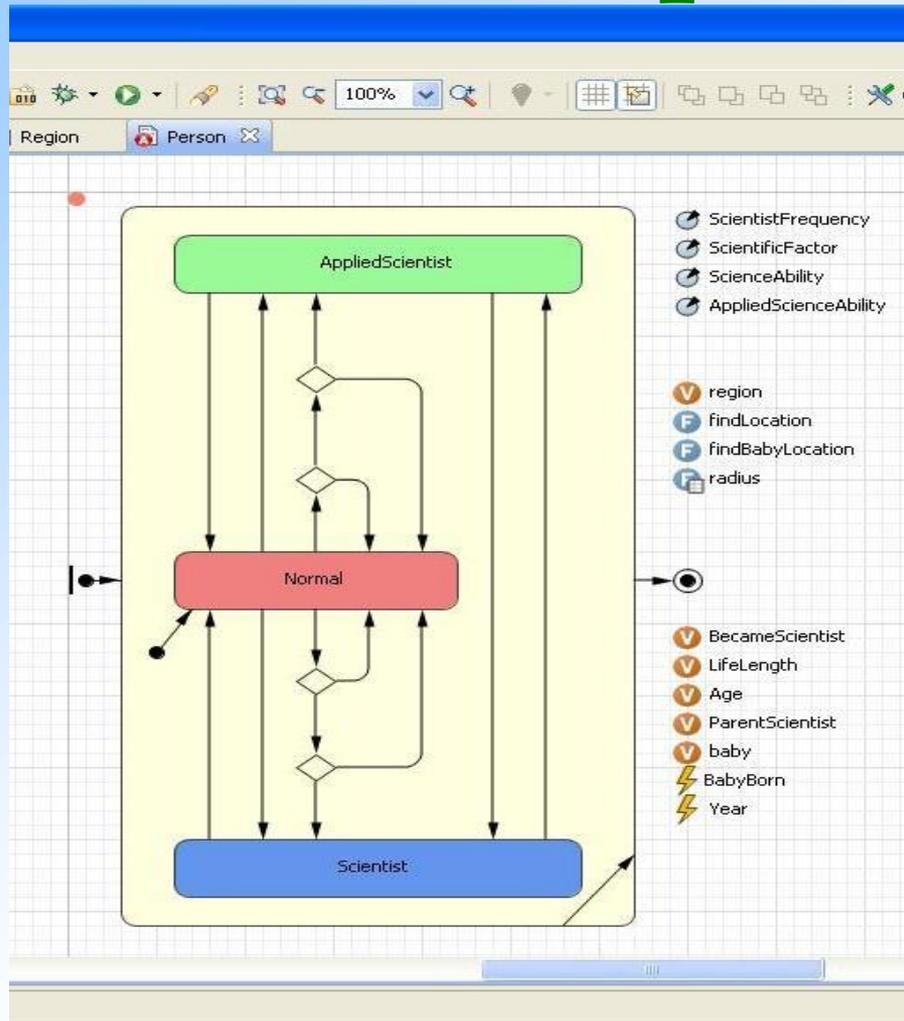
**Более подробно про
зарубежный опыт:**

www.supercomputer.pro

Совместно со специалистами суперкомпьютерного центра МГУ (В.А. Васенин, В.А. Роганов, И.А. Трифонов) демографическая АОМ (В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин) была переписана для запуска на суперкомпьютере «Ломоносов», что позволило увеличить число агентов **с 20 тыс. до 100 млн.**, а также на порядок повысить скорость расчетов.



Спецификация агентов



- возраст
- продолжительность жизни
- родители
- место работы
- регион проживания
- доход

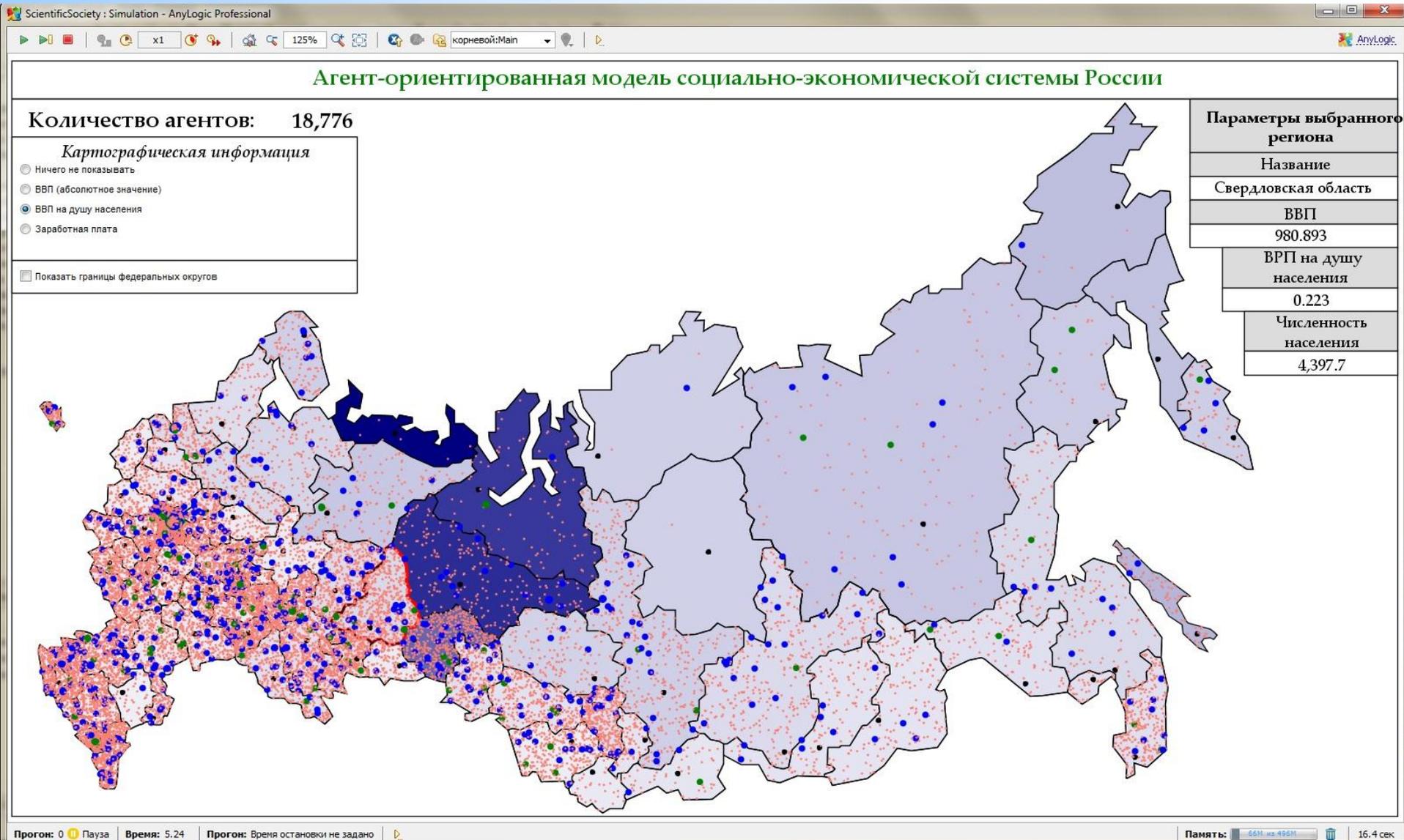
Для моделирования были использованы данные Федеральной службы государственной статистики и Российским мониторингом экономического положения и здоровья населения.

Спецификация регионов – поля базы GIS



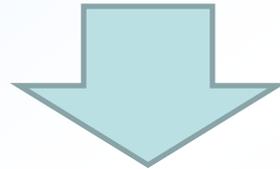
- географические границы;
- количество жителей;
- количество работников (по типам);
- ВРП;
- ВРП на душу;
- объем инвестиций;
- объем инвестиций на душу
- средняя заработная плата;
- средняя продолжительность жизни;
- показатель прироста населения и другие...

Рабочее окно программы



Конвертация модели в суперкомпьютерную программу

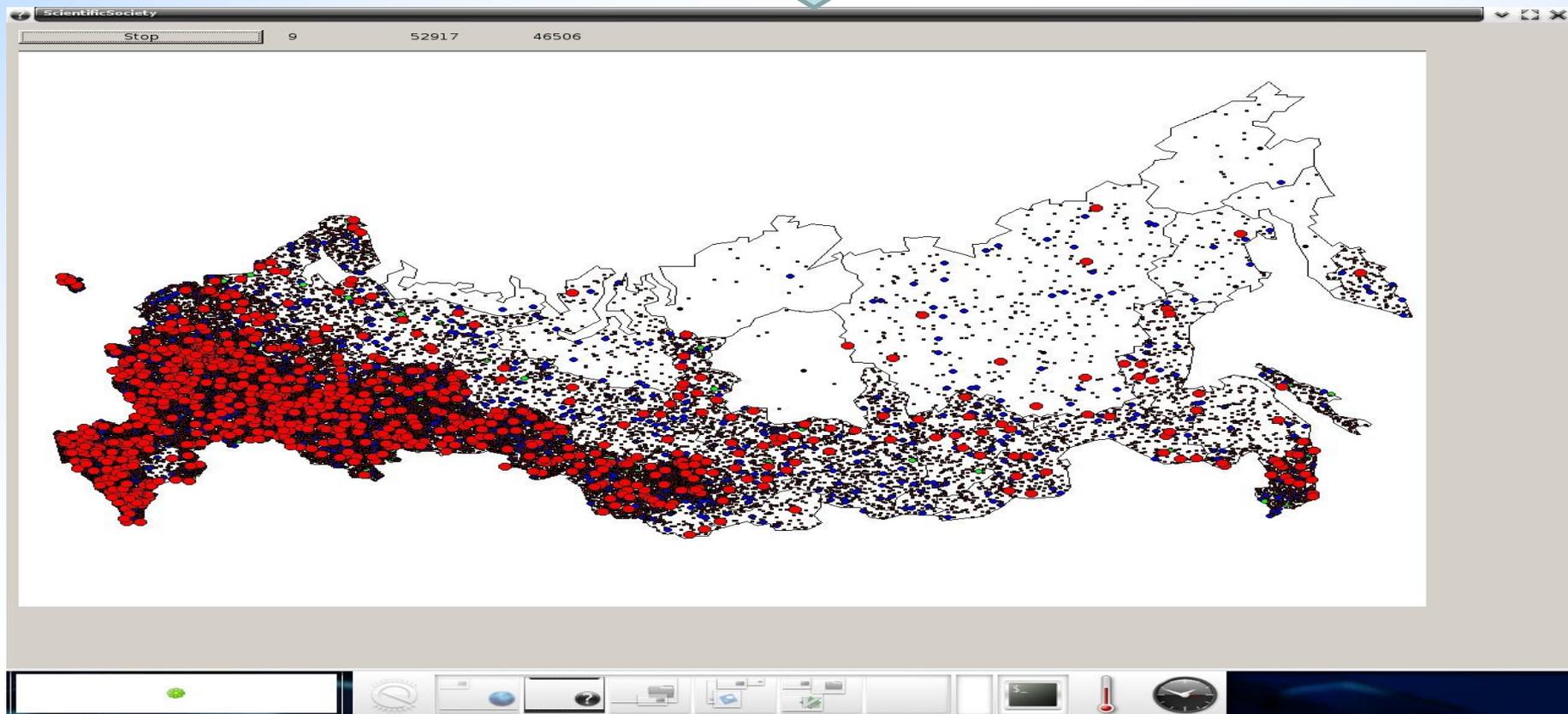
Модель, отработанная на AnyLogic



Конвертируется код XML в код C++ программы, вычисляющей эту модель.

При этом выделяется 2 основные стадии трансляции (генерация параметров, генерация классов).

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 может быть снова визуализирована.



Сравнение производительности

За счет применения суперкомпьютерных технологий и оптимизации программного кода удалось достичь очень высокой производительности.

Обычный персональный компьютер с хорошей производительностью способен производить вычисления с удовлетворительной скоростью над числом агентов около 20 тысяч (поведение каждого из них задается приблизительно 20 функциями), и при этом среднее время пересчета одной единицы модельного времени (один год) составляет около минуты. При большем числе агентов (к примеру, 100 тыс.) компьютер попросту «зависает».

В свою очередь, задействование 1000 процессоров суперкомпьютера и выполнение оптимизированного кода позволило увеличить число агентов до 100 млн., а число модельных лет до 50. При этом, такой гигантский массив вычислений был выполнен за период времени, приблизительно равный 1 минуте 30 секунд (в зависимости от типа используемых процессоров).

Мировые конгрессы

Первый мировой конгресс по социальному моделированию
(WCSS-1, 21 – 25 августа 2006 г., г. Киото, Япония)

Второй мировой конгресс по социальному моделированию
(WCSS-2, 14 – 17 июля 2008 г., г. Вашингтон, США)

Третий мировой конгресс по социальному моделированию
(WCSS-3, 6 – 9 сентября 2010 г., г. Кассель, Германия)

Четвертый мировой конгресс по социальному
моделированию
(WCSS-4, 4 – 7 сентября 2012 г., г. Тайбэй, Тайвань)

Пятый мировой конгресс по социальному моделированию
(WCSS-5, 4 – 7 ноября 2014 г., г. Сан-Паоло, Бразилия)

Общества

□ Pacific Asian Association for Agent – Based Approach in Social Systems Sciences (PAAA);

□ The North American Association for Computational Social Systems Science (NAACSOS);

□ The European Social Simulation Association (ESSA).

Спасибо за внимание!

Наши сайты:

www.artsoc.ru

www.supercomputer.pro