



Технологии мультиагентного моделирования

*Университет ИТМО,
GSS School 2015*

Князьков Константин

ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

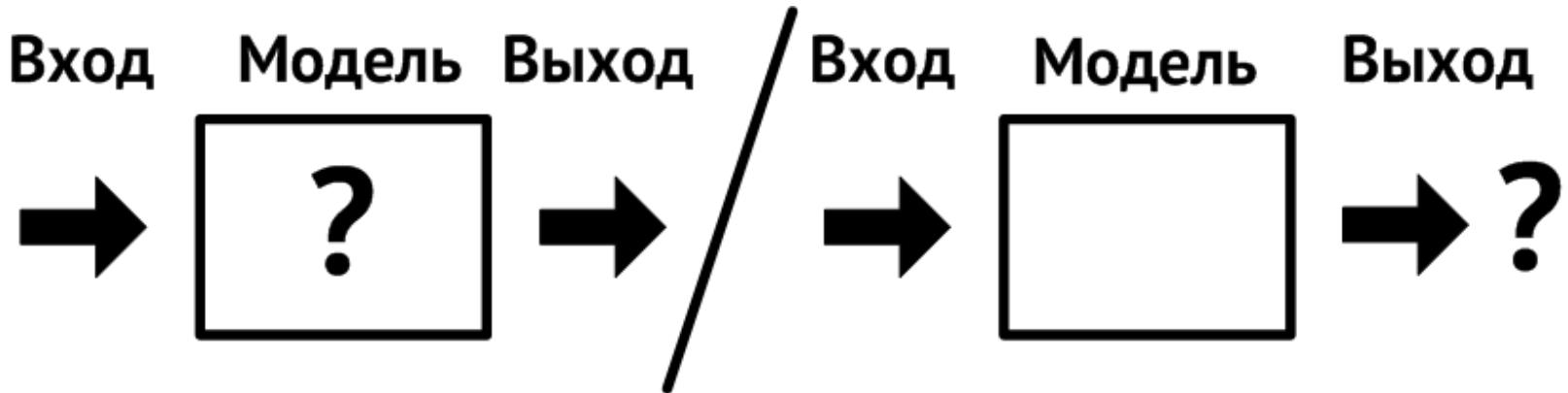
ГДЕ И КОГДА

ПРИМЕНЯЕТСЯ?

ДЛЯ ЧЕГО?

ТЕРМИНОЛОГИЯ

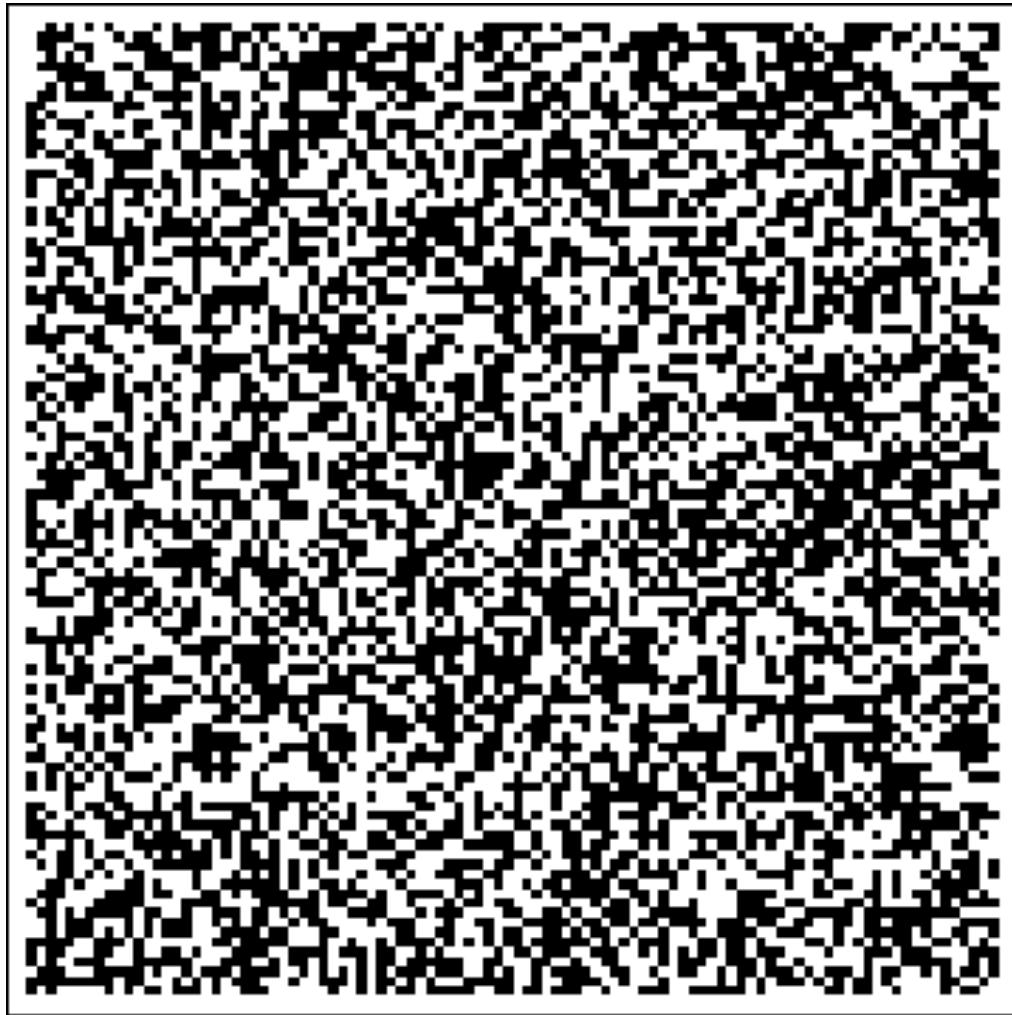
1. Agent-based modeling (**ABM**)
2. Agent-based simulation (**ABS**)
3. Multi-agent simulation (**MAS**)
4. Multi-agent systems (**MAS**)
5. Multi-agent model (**MAM**)
6. Individual-based model (**IBM**)



ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- A. **Мультиагентное (МА) моделирование** – это подход к моделированию систем на основе автономных взаимодействующих агентов
- B. Имитационное моделирование на **микроскопическом** уровне
- C. Подход к моделированию **снизу-вверх**, от микро-поведения к системным макро-эффектам
- D. Ключевое свойство МА системы в целом: в многоагентных системах может проявляться самоорганизация и сложное поведение даже если стратегия поведения каждого агента достаточно проста

ПРИМЕРЫ ИЗВЕСТНЫХ МА МОДЕЛЕЙ



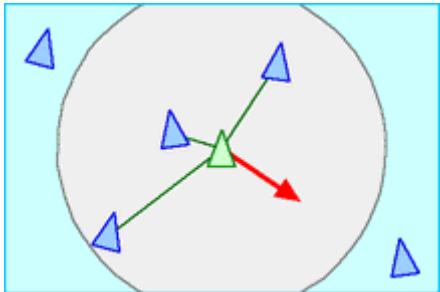
Джон Конвей (1970 г.)

1. В пустой клетке рядом с тремя заселенными клетками зарождается жизнь
2. Если у клетки два или три соседа – она продолжает жить

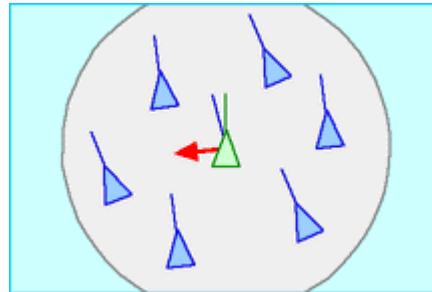


СТАИ

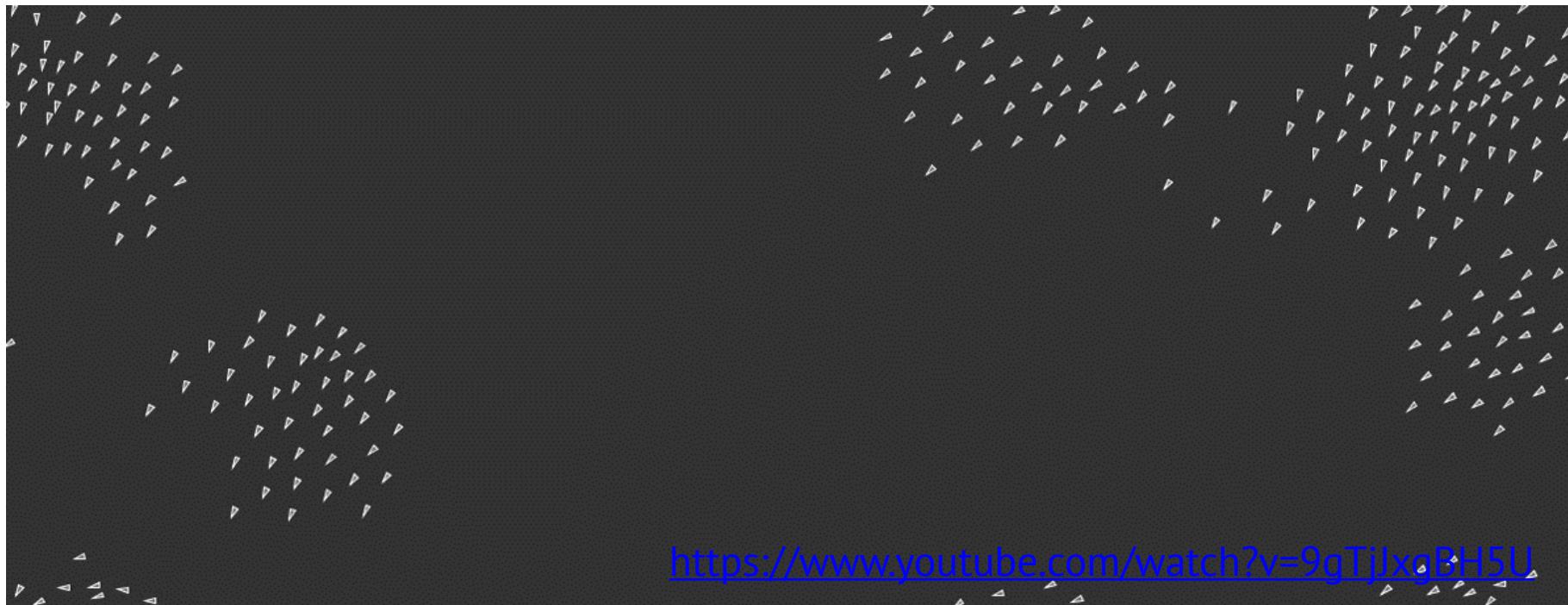
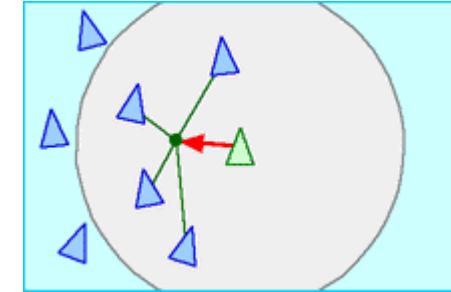
Разделение препятствует столпотворению



Выравнивание – выбор в качестве направления среднего среди соседей



Сплоченность заставляет двигаться к среднему положению соседей

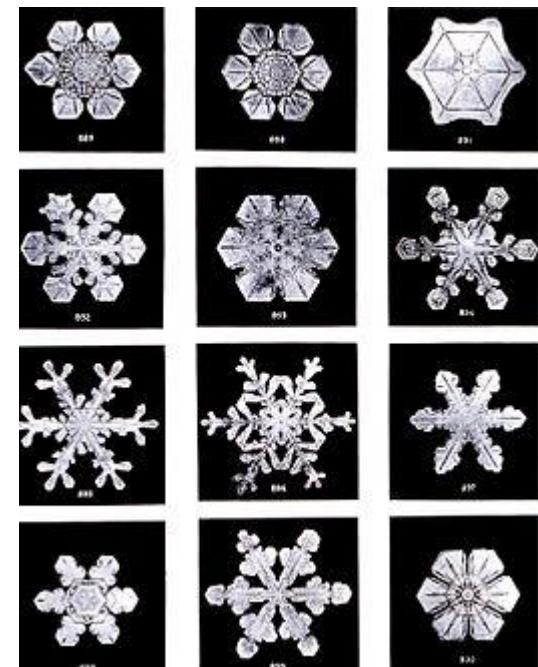


<https://www.youtube.com/watch?v=9gTjJxgBH5U>

EMERGENT PHENOMENON

Наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих её элементам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов; синоним – «системный эффект».

- Примеры:
 - Погода – ураганы
 - Образование формы кристаллов
 - Биология – формирование стай
 - Биология – теория эволюции



Цели МА моделей

- Объяснение закономерностей
- Проведение экспериментов для проверки гипотез – «социоскоп»
- Получение макро-эффектов за счет задания индивидуального поведения
- Прогнозирование
- Использование совместно с другими моделями: (заменена в определенных условиях на макро-модели, для достижения высокой производительности; использование моделей среды)

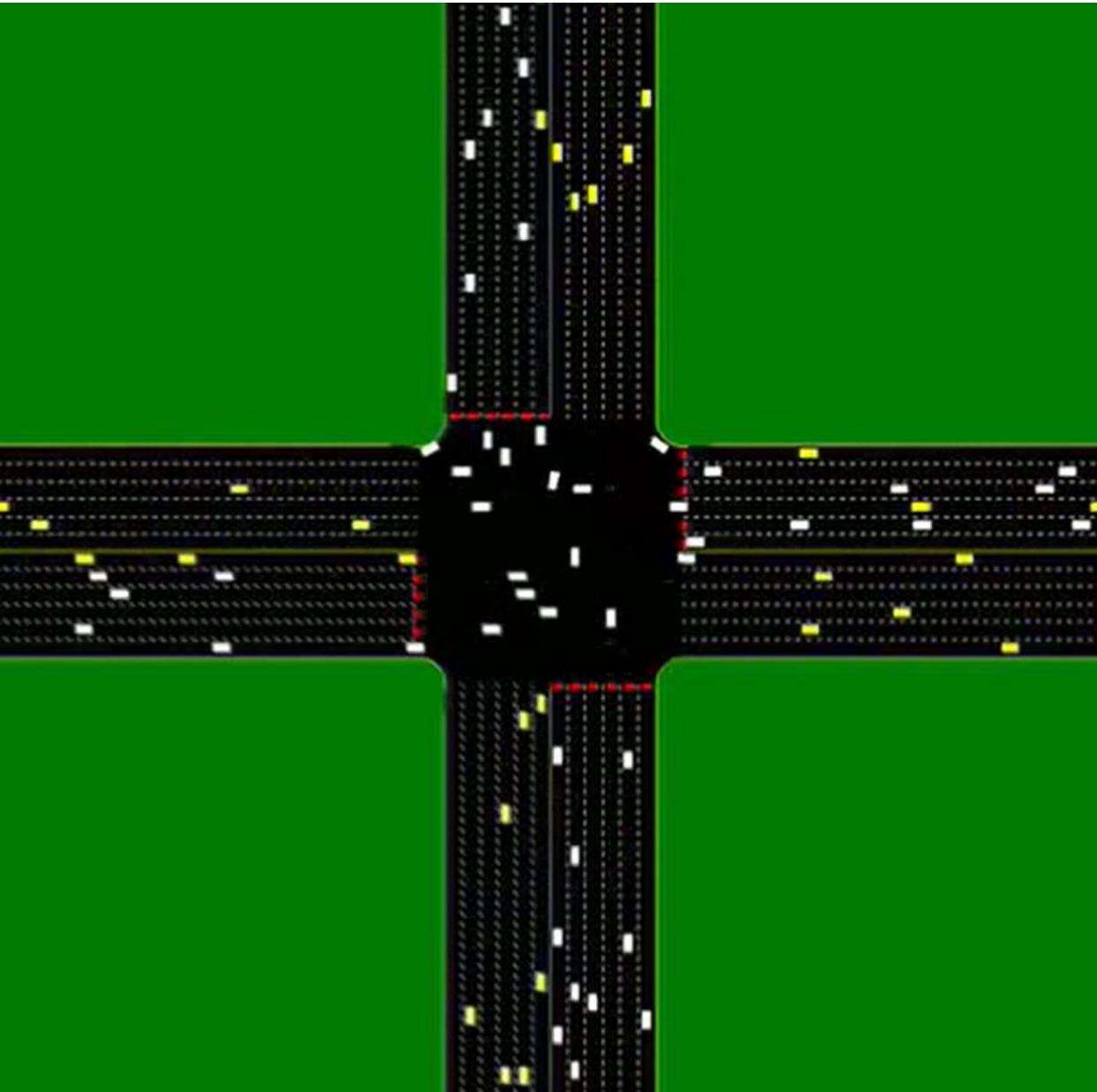
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

- Когда поведения и решения могут быть формализованы
- Когда важна адаптация поведения
- Когда важны динамические связи между агентами
- Когда структурное изменение в процессе является результатом моделирования
- Предметные области
 - Экономика
 - Социология
 - Экология
 - Транспорт
 - Эпидемиология

ЗАДАЧИ МА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

- **Прогнозирование** (сколько и куда?)
 - **Объект исследования:** транспортный поток
 - Оперативный уровень → поддержка принятия решений (*Yandex пробки*)
 - Долгосрочный уровень → Проектирование инфраструктуры, транспортное планирование (*планирование застройки*)
 - Ситуационное моделирование (what-if experiments) *Что будет, если перекрыть определенную дорогу?*
- **Имитация** (детали)
 - **Объект исследования:** транспортное средство
 - Объяснение эмпирических закономерностей
- **Оптимизация**
 - Перевозочный процесс, выработка маршрутов, конфигурация сети

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ

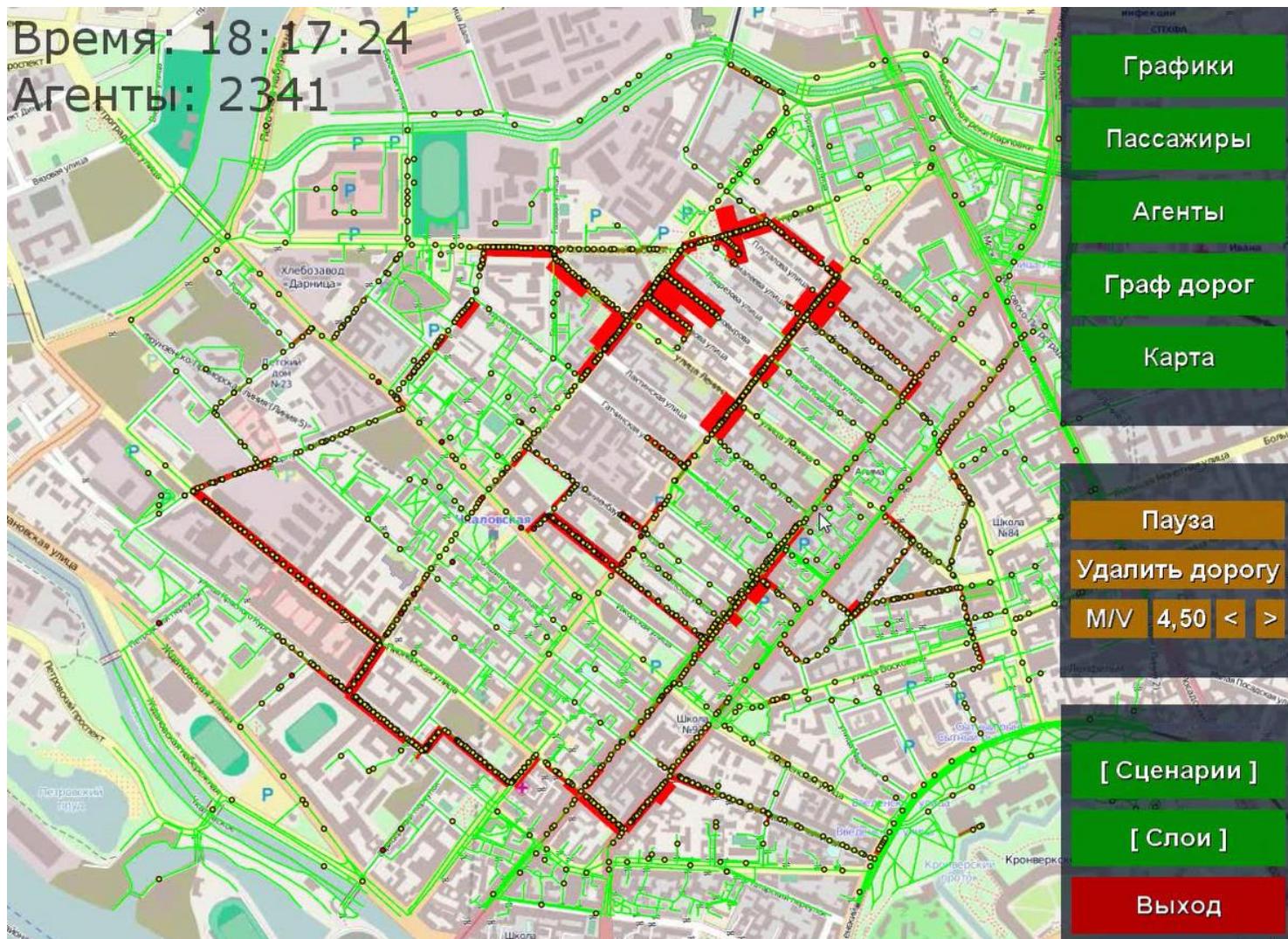


Автономные транспортные средства пересекают бессветофорный перекресток:

Источник:

http://www.youtube.com/watch?v=r7_lwq3BfkY

ПРИМЕР СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



DEMO <https://youtu.be/2uJjREpkngc>

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

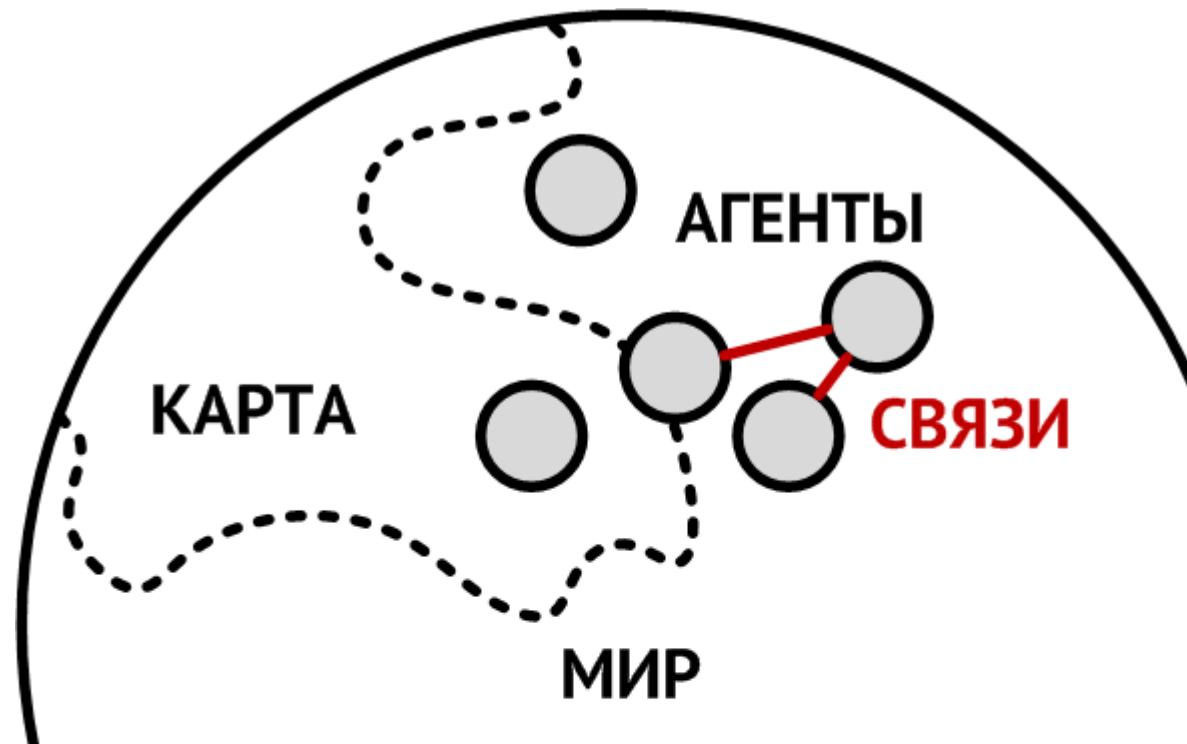


<https://youtu.be/x3-Lnng07YY>

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ
СОЗДАНИЕ
МУЛЬТИАГЕНТНОЙ
МОДЕЛИ?

СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ МА МОДЕЛИ

- Агенты (поведение, классы)
- Связи и взаимодействия
- Среда: Мир (время); Карта (законы природы)



АГЕНТЫ

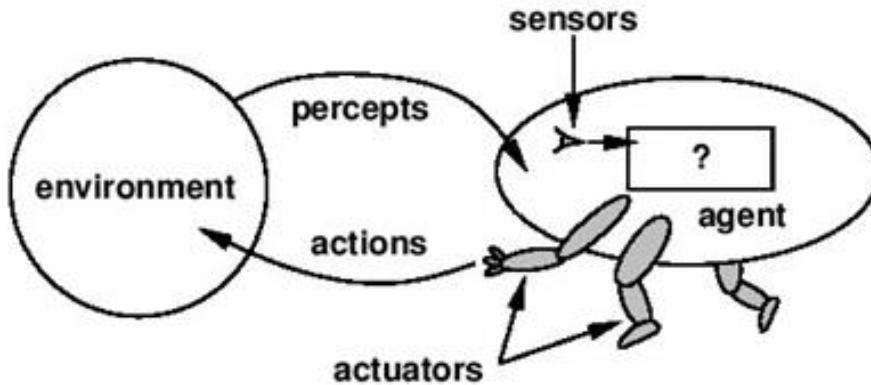
- **Автономность:** агенты, хотя бы частично, независимы.
- Ограниченность представления: ни у одного из агентов нет представления о всей системе, или система слишком сложна, чтобы знание о ней имело практическое применение для агента.
- **Децентрализация:** нет агентов, управляющих всей системой



АГЕНТЫ

- **автономность** (autonomy, autonomous functioning) – способность к самостоятельному формированию целей и функционированию с самоконтролем своих действий и внутреннего состояния;
- **общественное поведение** (social ability, social behavior) – способность согласовать свое поведение с поведением других агентов в условиях определенной среды и правил поведения путем обмена сообщениями на языке коммуникации;
- **реактивность** (reactivity) – способность адаптированно воспринимать состояние внешней среды (среды функционирования и множества других агентов) и своевременно реагировать на происходящие изменения;
- **активность** (pro-activity) – способность проявлять инициативу, т. е. самостоятельно генерировать цели и действовать рационально для их достижения, а не только пассивно реагировать на внешние события;
- **базовые знания** (basic knowledge) – постоянная часть знаний агента о себе, о среде, а также постоянные знания о других агентах, которые не изменяются в рамках жизненного цикла агента;
- **убеждения** (beliefs) – переменная часть знаний агента о среде и других агентах, которая может изменяться во времени, но агент может об этом не знать и продолжать использовать их для своих целей;
- **желания** (desires) – состояния и/или ситуации, достижение которых является желательным и важным для агента, однако которые могут быть противоречивыми и не все будут достигнуты;
- **намерения** (intentions) – это то, что агент обязан сделать в силу своих обязательств по отношению к другим агентам, или то, что вытекает из его желаний (т. е. не противоречивое подмножество желаний, выбранное по тем или иным причинам и совместимое с принятыми на себя обязательствами);
- **цели** (goals) – совокупность состояний, на достижение которых направлено текущее поведение агента;
- **обязательства** (commitments) – задачи, которые берет на себя агент по просьбе и/или поручению других агентов.

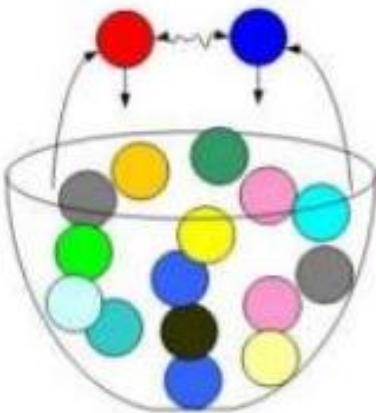
Модель поведения агента



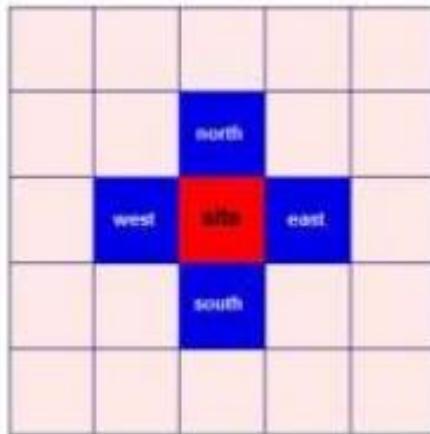
Многоуровневое поведение при перемещении

1. Целеустремления
2. Планирование деятельности
3. Выбор цели
4. Маршрутизация
5. Избегание коллизий
6. Движение

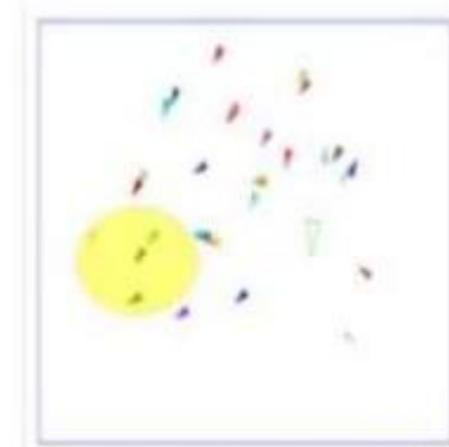
МОДЕЛИ СРЕДЫ



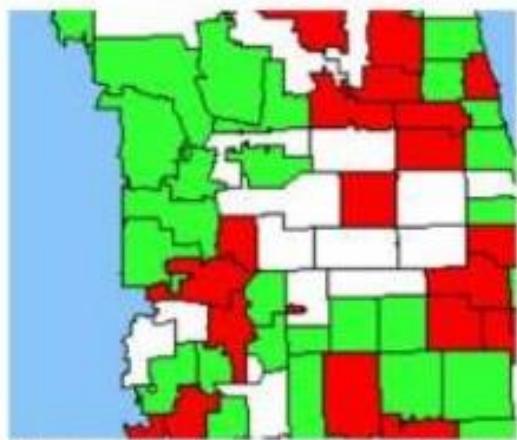
(a) "Soup" Model (Aspatial)



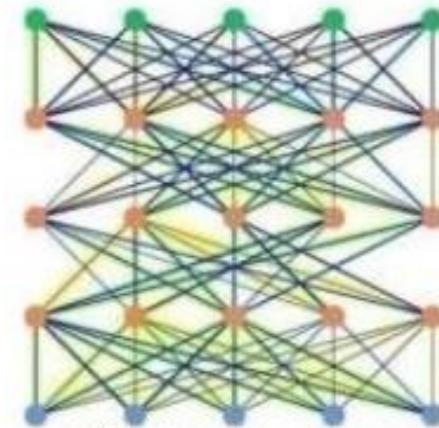
(b) Cellular Automata (von Neumann)



(c) Euclidean Space (2-D)



(d) Geographic Information System (GIS)



(e) Network topology

Macal, C. M., & North, M. J. (2009, December). Agent-based modeling and simulation. In *Winter simulation conference* (pp. 86-98). Winter Simulation Conference.

ДРУГИЕ АСПЕКТЫ МА МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Связи между агентами
- Модель генерации агентов
- participatory simulation

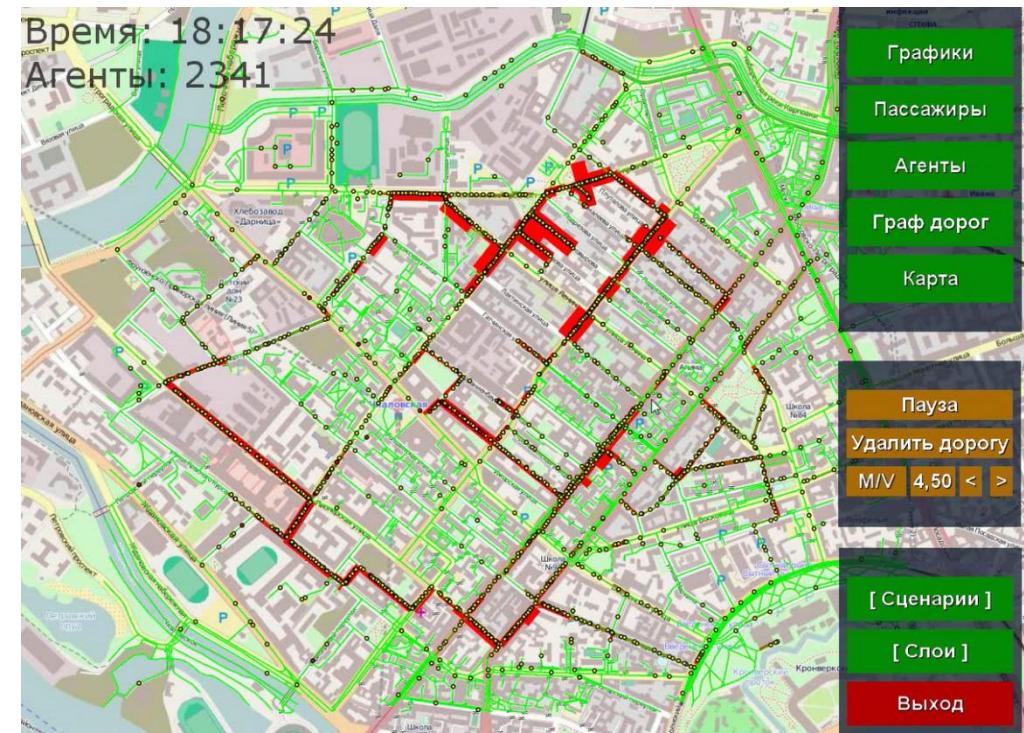
Технологические аспекты

- Параллельное моделирование
- Интерактивная визуализация
- Представление результатов моделирования и средства анализа
- Возможность задания сложных сценариев

ПРИМЕРЫ СРЕД МОДЕЛИРОВАНИЯ

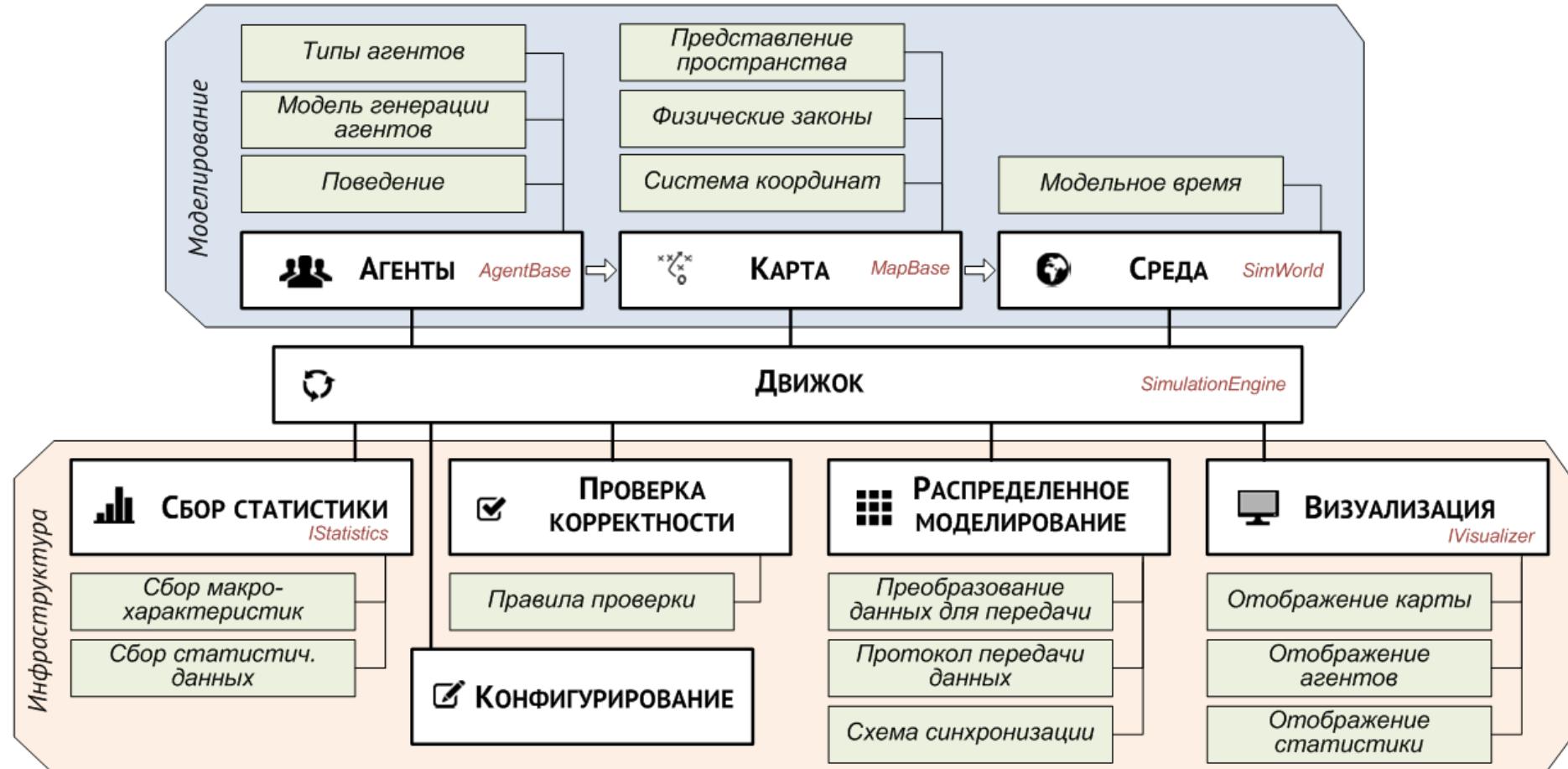
ПРИМЕР 1: ПАКЕТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

- Модель: IDM (умный водитель), перестроения, различные модели маршрутизации
- Принимает на вход результаты макро-модели спроса на перемещения
- Обработка входных данных о дорожной сети
- Возможность интеграции с моделями среды
- Параллельное моделирование

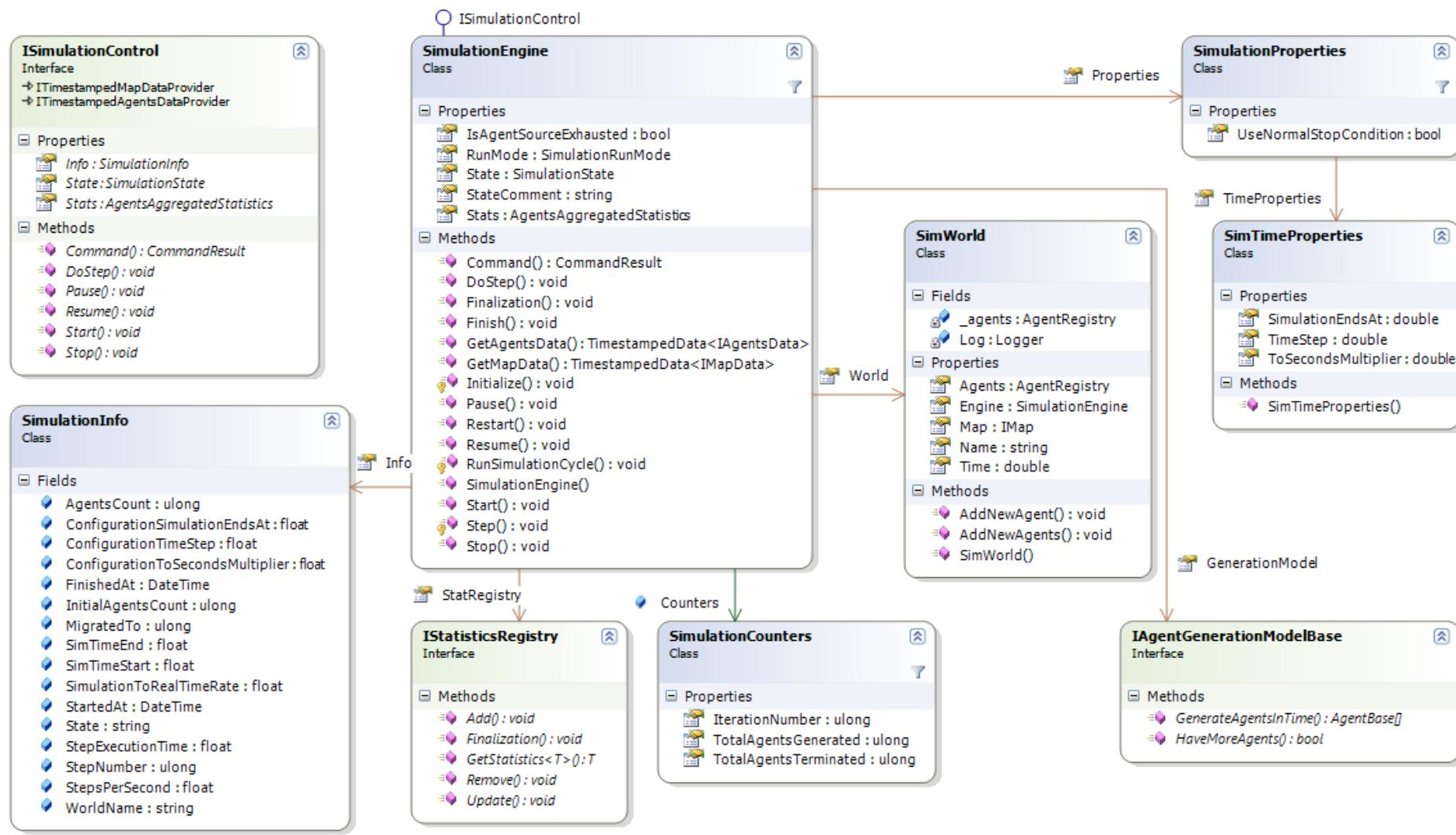


- Технологии:
 - Платформа: .NET, C#
 - Визуализация: XNA

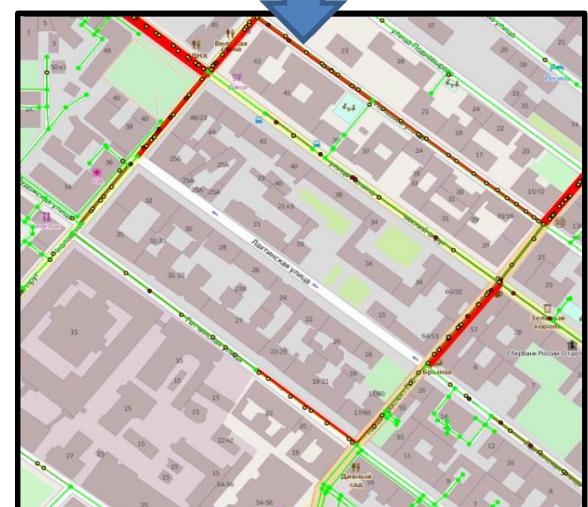
БИБЛИОТЕКА МУЛЬТИАГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



БИБЛИОТЕКА МУЛЬТИАГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

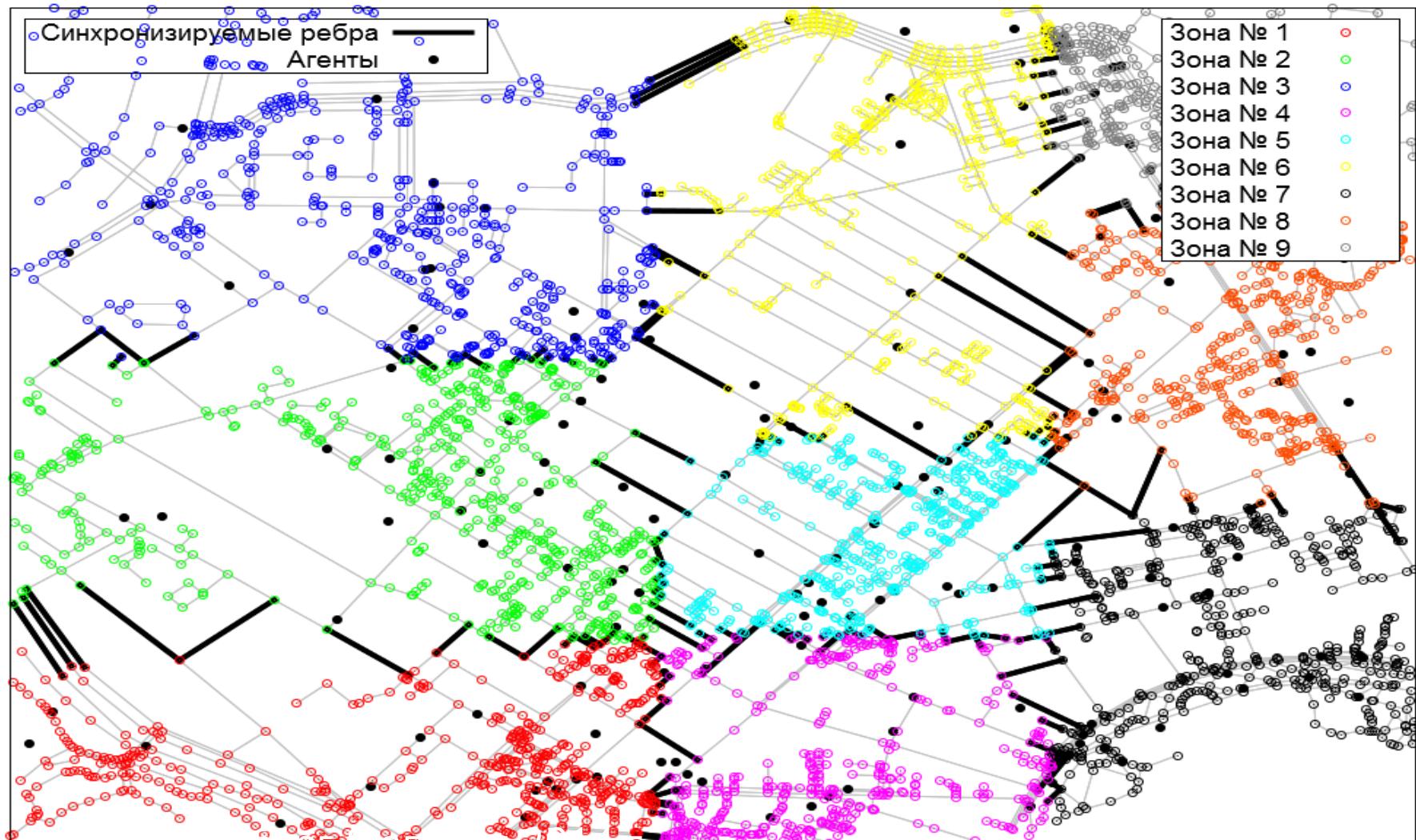


ИНТЕРАКТИВНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ

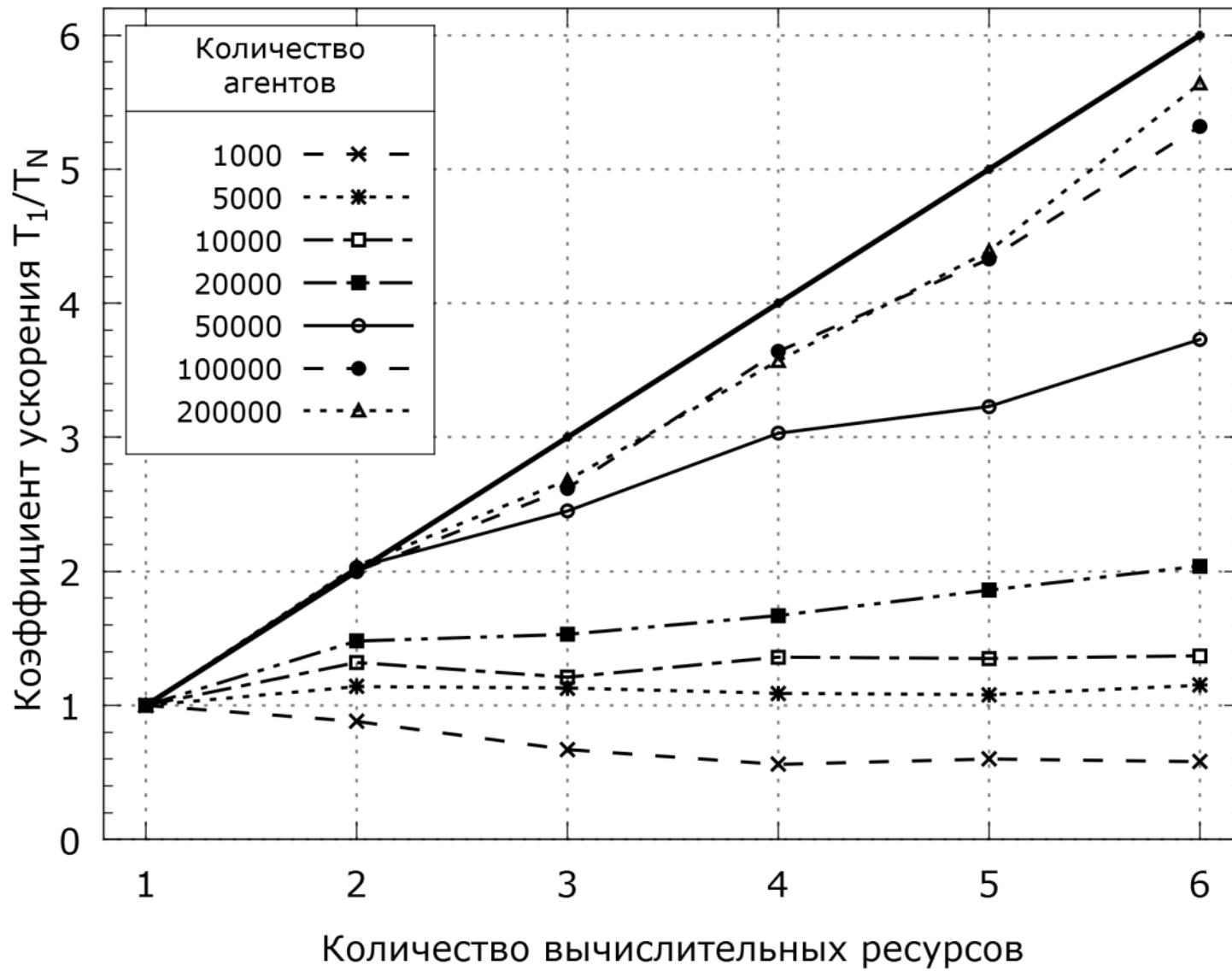


РАЗБИЕНИЕ ГРАФА НА СБАЛАНСИРОВАННЫЕ ЧАСТИ

Граф дорог с разделением на зоны



ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ



Моделирование эвакуации

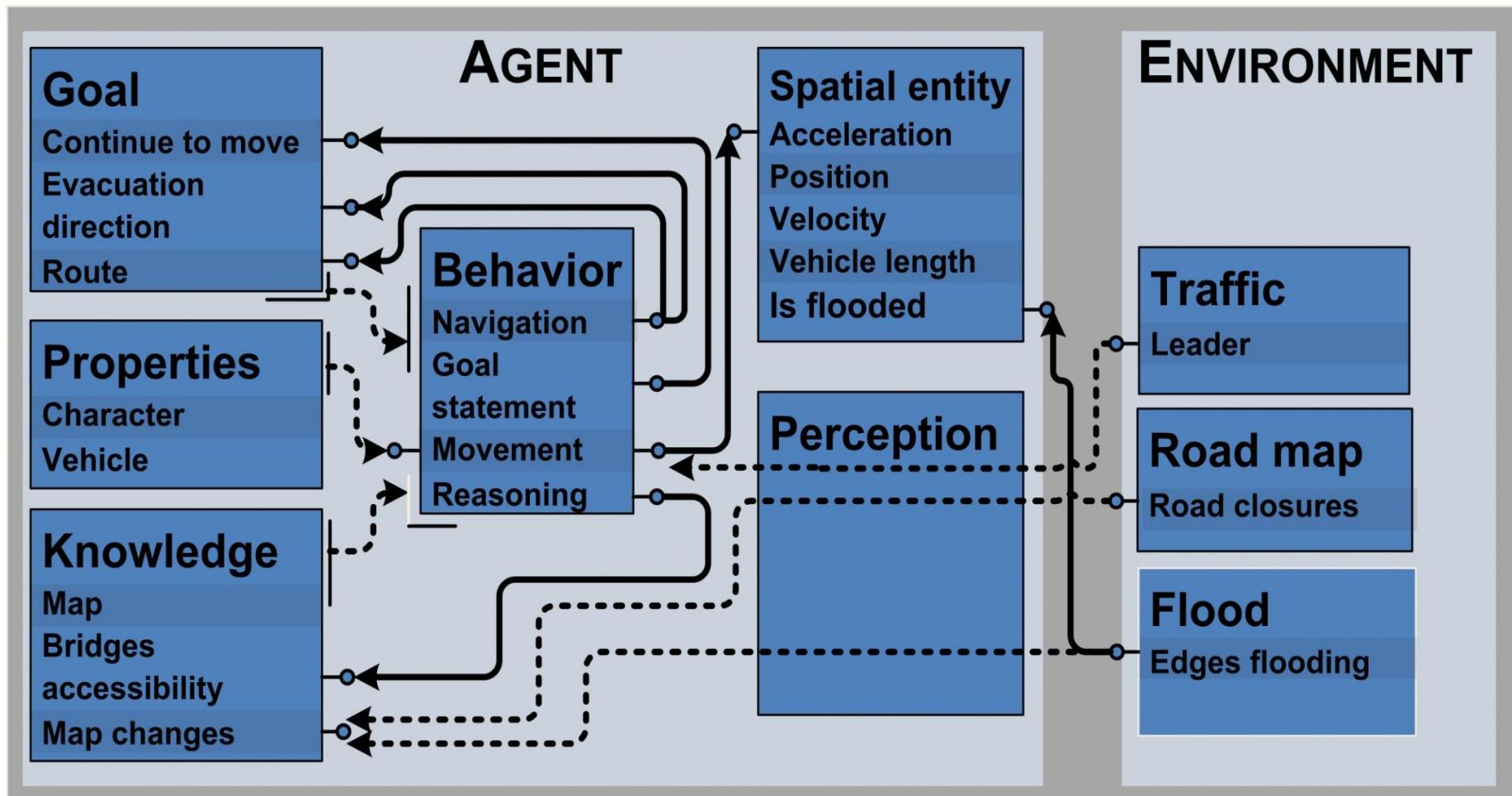


Knyazkov, K., Balakhontceva, M., & Ivanov, S. (2014). TOWARDS A FRAMEWORK FOR SIMULATION-BASED EVALUATION OF PERSONAL DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR FLOOD EVACUATION. *14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing*, 1(SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-10-0/ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Vol. 1), 883-894.

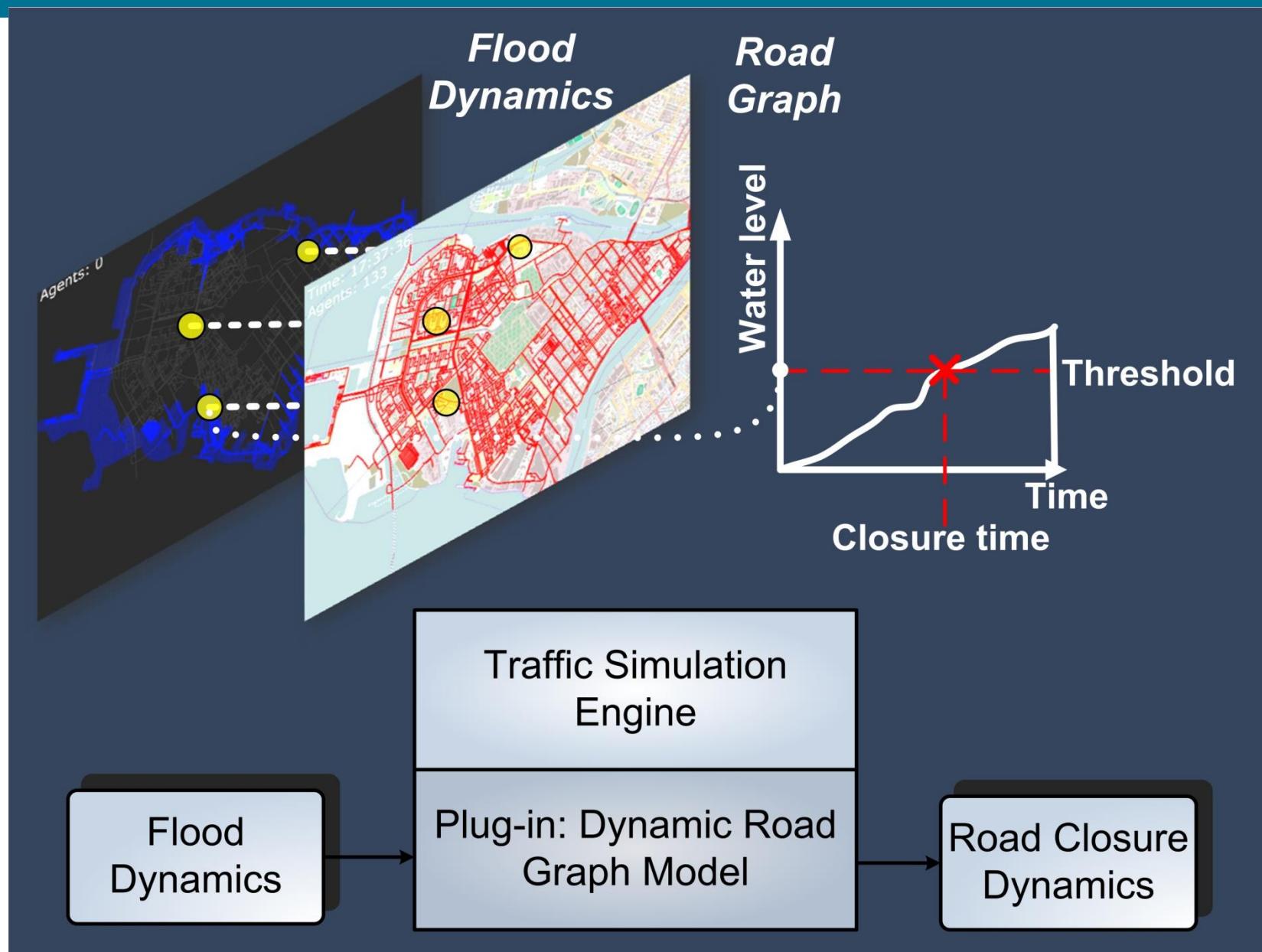
АГЕНТ

1. Модель движения
(следование за лидером: IDM)
2. Выбор маршрутов
(поиск в ширину, алгоритм Дейкстры)
3. Модель поведения: следование дневной активности (дом-работа)
4. Память (неполная информация о перекрытых дорогах)

АГЕНТ



Совмещение моделей



Time: 17:52:21
Agents: 8042

S1: No DSS

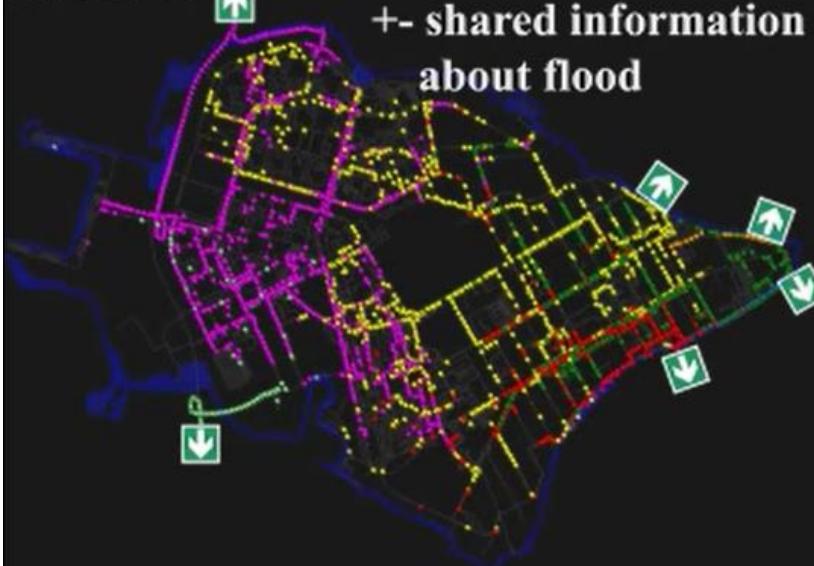
Time: 17:59:48
Agents: 7541

S2: + traffic information
- flood information



Time: 17:50:08
Agents: 7774

S3: + traffic information
+- shared information
about flood



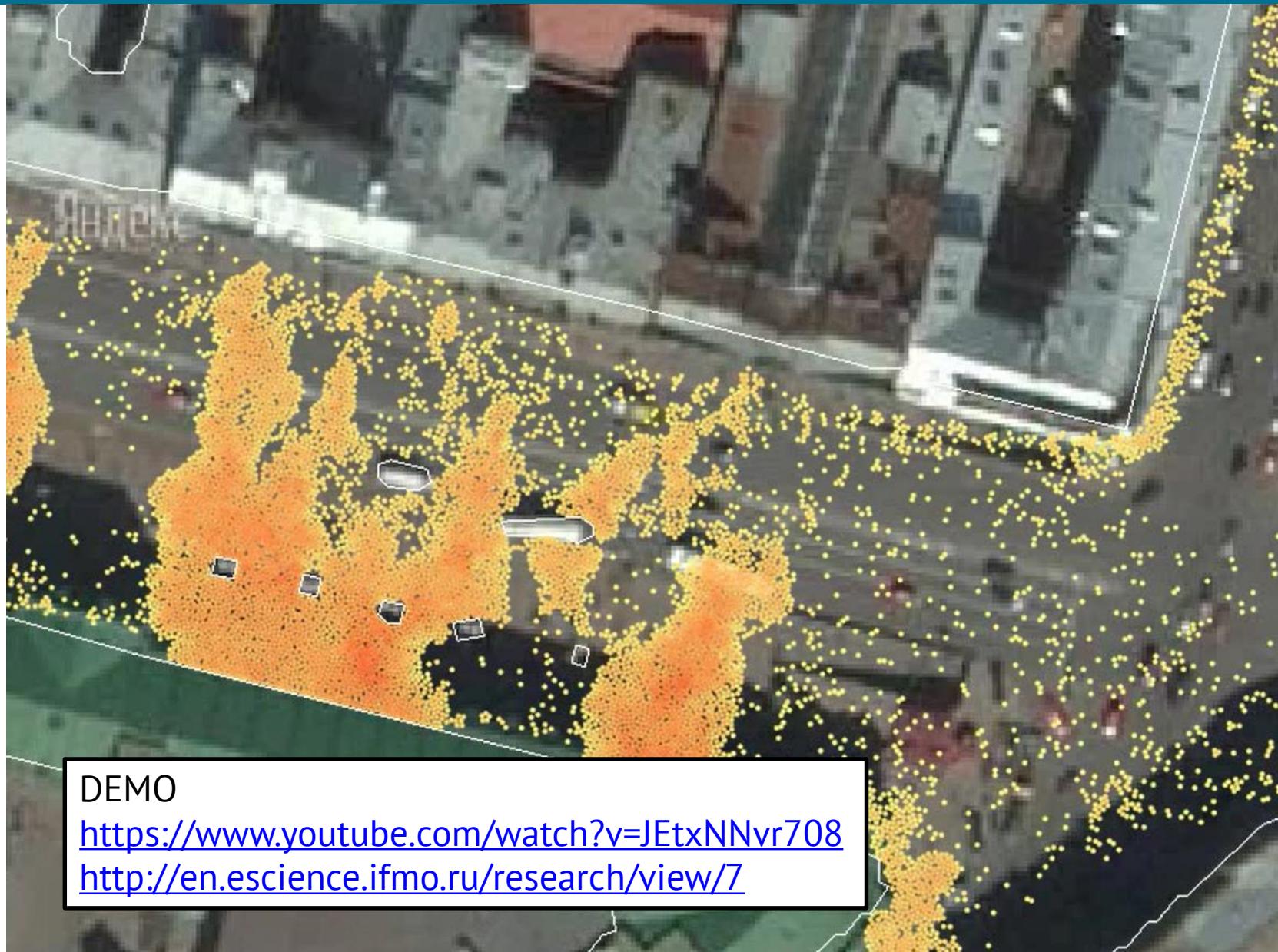
Time: 17:50:12
Agents: 7785

S4: + traffic information
+ flood information



<https://youtu.be/T44NHUEbcyg>

Моделирование пешеходов



DEMO

<https://www.youtube.com/watch?v=JEtxNNvr708>

<http://en.escience.ifmo.ru/research/view/7>

ПРИМЕР 3: ПАКЕТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТОЛП

- Цель: изучение и сопоставление различных моделей движения людей
- <http://www.youtube.com/watch?v=LTYFRY-SqRE>
- Разработчик: University of North Carolina - Chapel Hill
- Технологии: C++

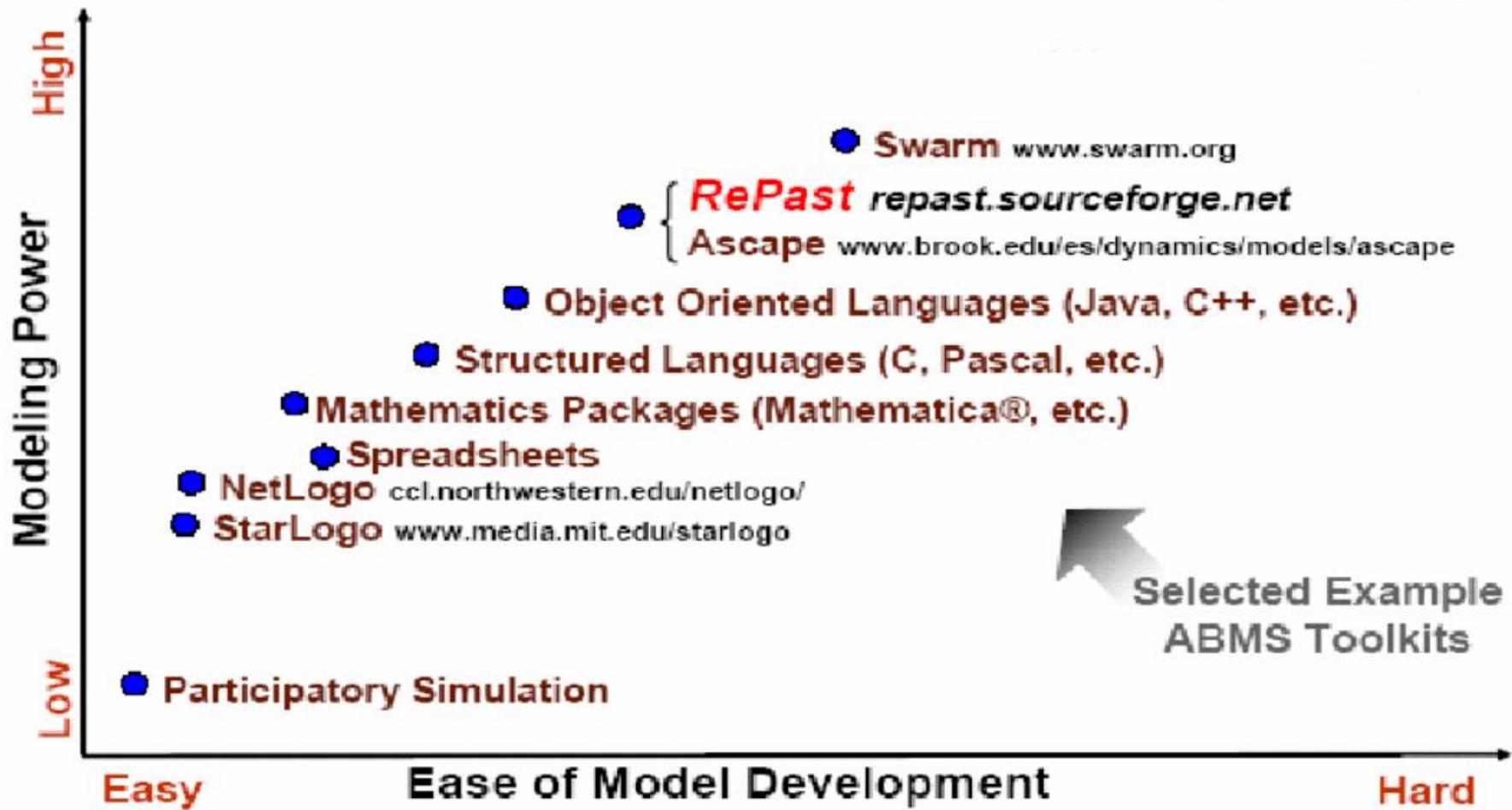
СУЩЕСТВУЮТ ЛИ БОЛЕЕ
ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
МУЛЬТИАГЕНТНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ?

НЕКОТОРЫЕ СРЕДСТВА МА МОДЕЛИРОВАНИЯ

A dense word cloud containing numerous names of modeling tools, primarily in shades of orange, yellow, and green. The tools listed include:

- Omonia, AAA, JCA-Sim, TerraME, Moduleco, AnyLogic, CybelePro, ECJ, Jade, sSim++, ZEUS, AgentService, Insight, Repast, Maker, Jason, ICARO-T, MIMOSE, ABLE, Xholon, AOR, MaDKit, Logo, LSD, Agents, MacStarLogo, Ascape, Janus, Cougaar, AgentBuild, JABM, SimPack, Construct, FLAME, FLUXY, oRIS, DALI, JASA, DeX, iGen, jEcho, Soar, MAS-SOC, SimPlusPlus, NetLogo, Cormas, JADE, DigiHive, JADE, Altrevia, AdaptiveModeler, BehaviourComposer, OpenStarLogo, Framsticks, GROWlab, OBEUS, MOOSE, JESSECHO, GPU, SEAS, ADK, Boris, MASS, MASON, Brahms, Simulation, StarLogo, JAS, SimAgent, AgentSheets, SDML, D-OMAR, SugarScape, Sugarscape, AgentSheets, Swarm, MAGSY, MAGSY, SesAM, GAMMA, JES, Breve, SpatialModelingEnvironment.

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ



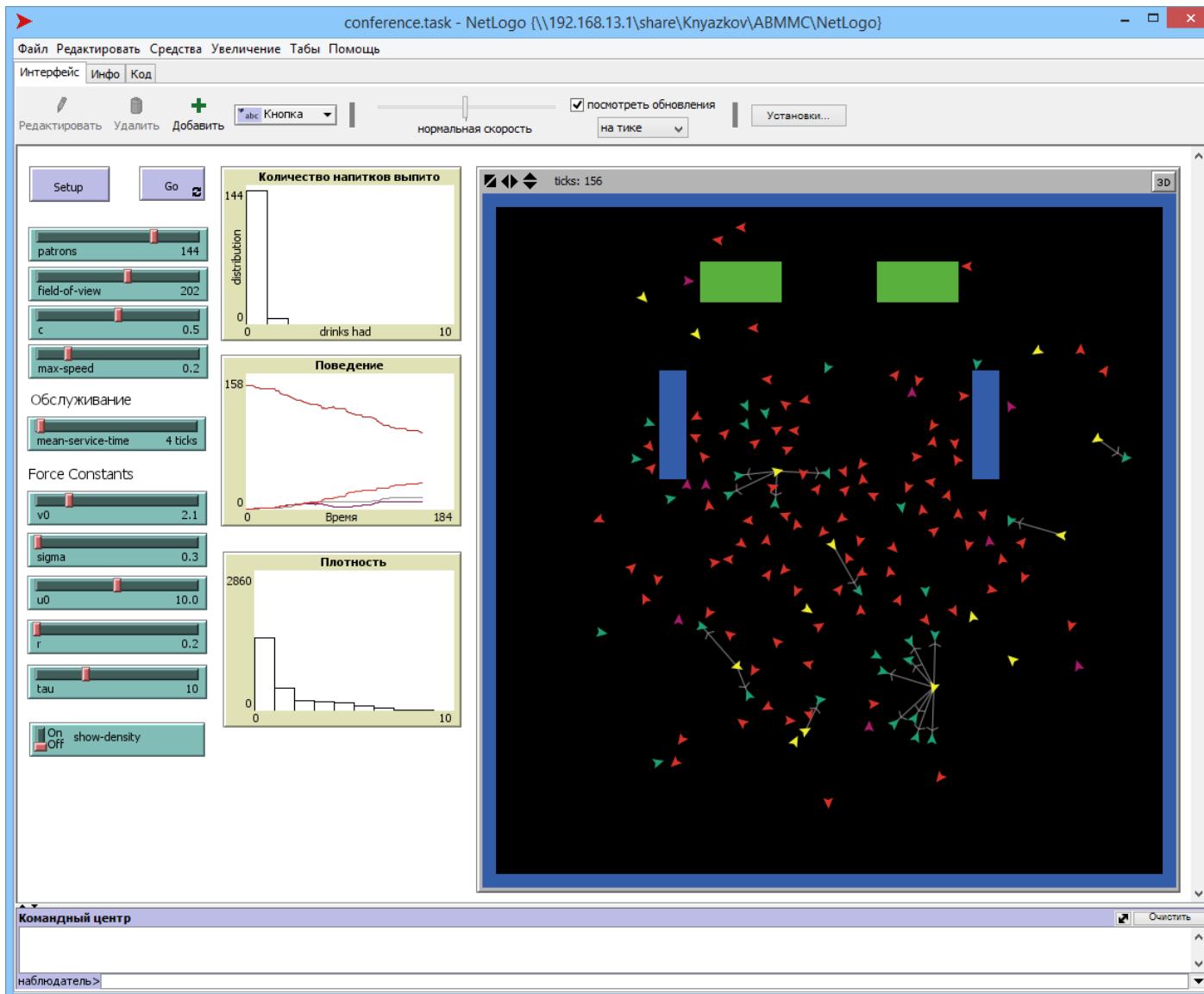
Source: North M et al (2005) Agent-Based Modeling with Agent Analyst

NetLogo

NETLOGO

- Небольшой технологический порог вхождения
- Основные типы агентов: черепахи, ячейка карты, связь
- Документация
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>

ПРАКТИКА: МОДЕЛЬ «СОЦИАЛИЗАЦИЯ»



<https://github.com/ze0n/conference-socialization-model>

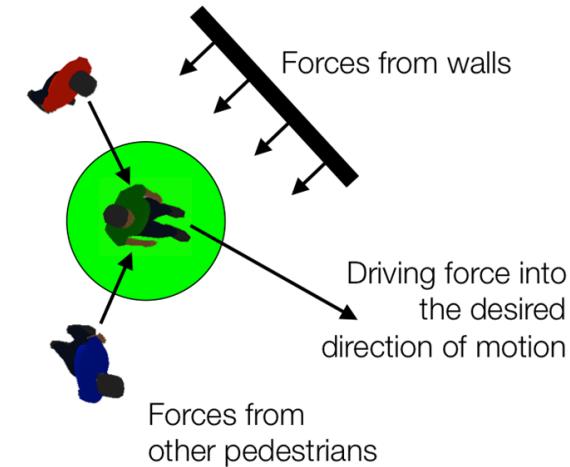
Модель «Социализация»

Модель движения

Social Forces Model (Helbing D.)

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt} = m_i \frac{\mathbf{v}_i^0(t) \mathbf{e}_i^0(t) - \mathbf{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j(\neq i)} \mathbf{f}_{ij} + \sum_W \mathbf{f}_{iW}$$

Velocity change = Mass $\times \frac{\text{desired speed} \times \text{direction} - \text{actual velocity}}{\text{characteristic time}}$ + Interaction Forces



Модель поведения

Делаю\Хочу	Гулять	Говорить	Слушать	Пить, есть
Иду	+	+	+	+
Говорю		+		
Слушаю			+	

КАКИЕ ИСТОЧНИКИ
СТОИТ ИЗУЧИТЬ?

Источники

Общая информация про МА моделирование

- On-Line Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences (Robert Axelrod and Leigh Tesfatsion)
<http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/abmread.htm>
- Helbing, D., & Blietti, S. (2013). How to do agent-based simulations in the future: From modeling social mechanisms to emergent phenomena and interactive systems design. *Chapter "Agent-Based Modeling" of the book "Social Self-Organization" by Dirk Helbing (Springer, Berlin, 2012)*, 25-70.
- Macal, C. M., & North, M. J. (2009, December). Agent-based modeling and simulation. In *Winter simulation conference* (pp. 86-98). Winter Simulation Conference.

Инструменты

- NetLogo <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
- RePast <http://repast.sourceforge.net/>
- Menge <http://gamma.cs.unc.edu/Menge/>