

КЛУБ КОНТЕКСТ

**ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ: ПОНИМАНИЕ ЯВЛЕНИЙ
РЕАЛЬНОГО МИРА СКВОЗЬ ПРИЗМУ
СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.**

АЛЕКСАНДР БУХАНОВСКИЙ. УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ЧЕМ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ «СЛОЖНОСТЬ» СИСТЕМЫ?



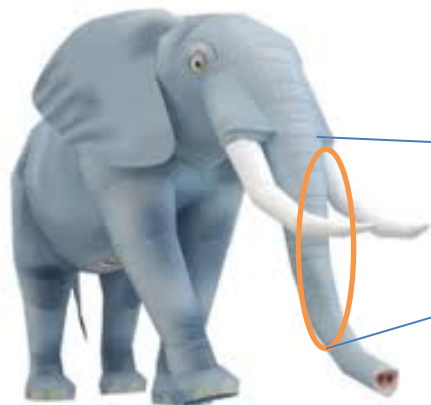
1. Очень много элементов
2. Множественные связи между элементами
3. Множество масштабов изменчивости системы
4. Фазовые переходы

Наука о глобальных системах (Global System Science) – изучение сложных систем реального мира во взаимосвязи друг с другом

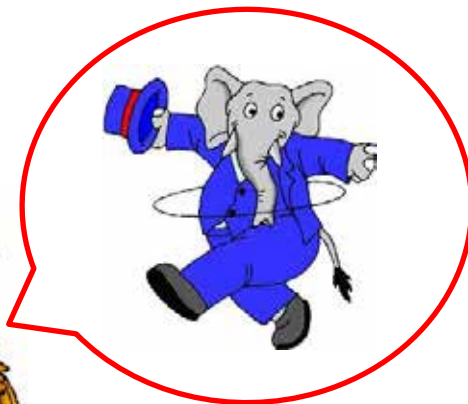
ПОЧЕМУ СЛОЖНУЮ СИСТЕМУ СЛОЖНО ИЗУЧАТЬ?

1. Сложная система не может быть как таковая полностью изучена экспериментально (только отдельные ее части)
2. Сложную систему очень сложно изучать средствами математического моделирования, поскольку:
 - § многомасштабность требует совмещения системы моделей в различных диапазонах изменчивости
 - § расчеты крайне ресурсоемки
 - § данные такие большие, что не вмещаются в память компьютера
3. Модель сложной системы сложно идентифицировать в силу распределенности и фрагментарности данных, п. (1).

АЛЛЕГОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



Сложная система



Предсказательная компьютерная модель

ЧТО ТАКОЕ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ?



1. Сбор, обработка и агрегация исходных данных.
2. Создание и настройка компьютерной модели— «виртуального образа» реальной системы.
3. Формулировка сценариев «а если... то...».
4. Расчет поведения системы по компьютерной модели в рамках заданных сценариев.

Модель – технический инструмент.

Исходные данные – его настройка и калибровка.

Сценарий – исключительно в ведении эксперта.

ЧТО МОЖЕТ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ?

1. Дополнение разрывов и пропусков в экспериментальных данных за счет результатов моделирования (обеспечение полной наблюдаемости сложной системы).
2. Определение количественных и качественных характеристик системы в условиях, принципиально не допускающих возможности эксперимента (воспроизведение экстремальных ситуаций).
3. Планирование внешних воздействий на систему с целью выработки эффективных методов управления ей.
4. Оптимизация режимов работы и внутренней структуры системы в различных условиях.
5. Оперативный прогноз поведения системы в будущем.

ЗАЧЕМ НУЖНО ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ?



Главная проблема —
прогрессирующая
неопределенность (uncertainty)
при принятии решений.

Выработка рекомендаций в современных системах поддержки принятия решений. Основная цель — помощь лицу, принимающему решения — как сформулировать ответы на вопросы:

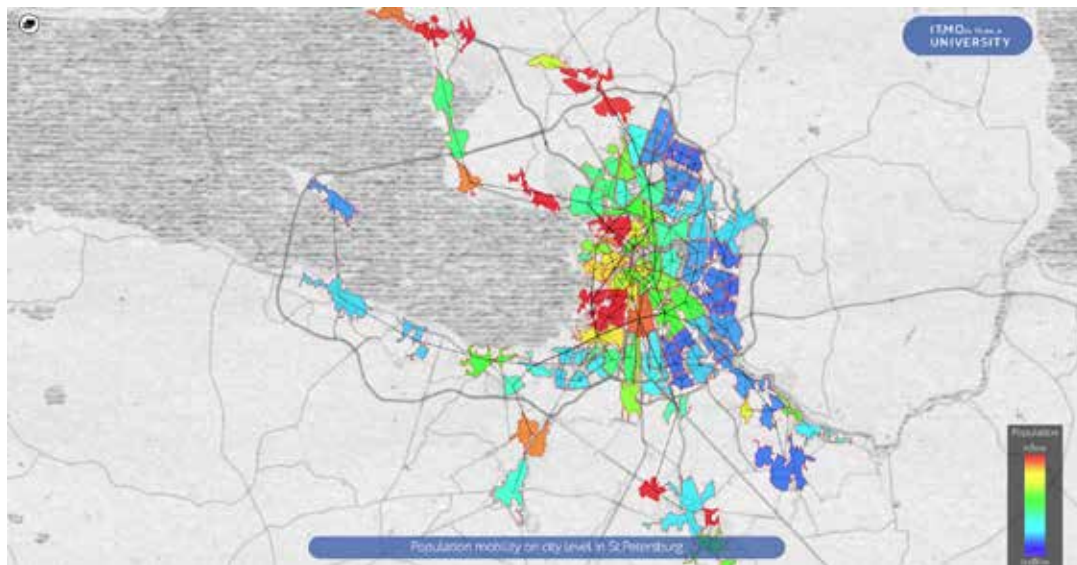
- § «Что происходит?»
- § «Почему это произошло?»
- § «Что будет дальше?»
- § «Как лучше поступить?»
- § «А почему я должен это делать?»
- § «А могу ли я этому верить?»

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАУКАХ ОБ ОБЩЕСТВЕ И ЧЕЛОВЕКЕ

1. Давление DDA (Data-Driven Approach) – принципы построения модели определяются данными наблюдений (эксперимента).
2. Засилье метафорических моделей с сомнительными причинно-следственными механизмами.
3. Проблема «свободы выбора» – разумное моделирование ретроспективы, но слабая прогностическая способность.
4. Самоорганизация и самомодерация социальных и биологических систем – ответная реакция на управление.
5. Многомасштабность социальных и биологических систем с непрозрачными связями и механизмами взаимодействия между отдельными масштабами.
6. Топология связей («скажи мне, кто твой друг, я и скажу, кто ты...»).

**ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ БОЛЬШОГО ГОРОДА:
МОБИЛЬНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ**

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ НА МАКРОУРОВНЕ (ВСЬ ГОРОД, ВСЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА)



[www.youtube.com/
watch?v=Zr1xU45TUhw](https://www.youtube.com/watch?v=Zr1xU45TUhw)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ МОБИЛЬНОСТИ НА МЕЗО- И МИКРОУРОВНЕ



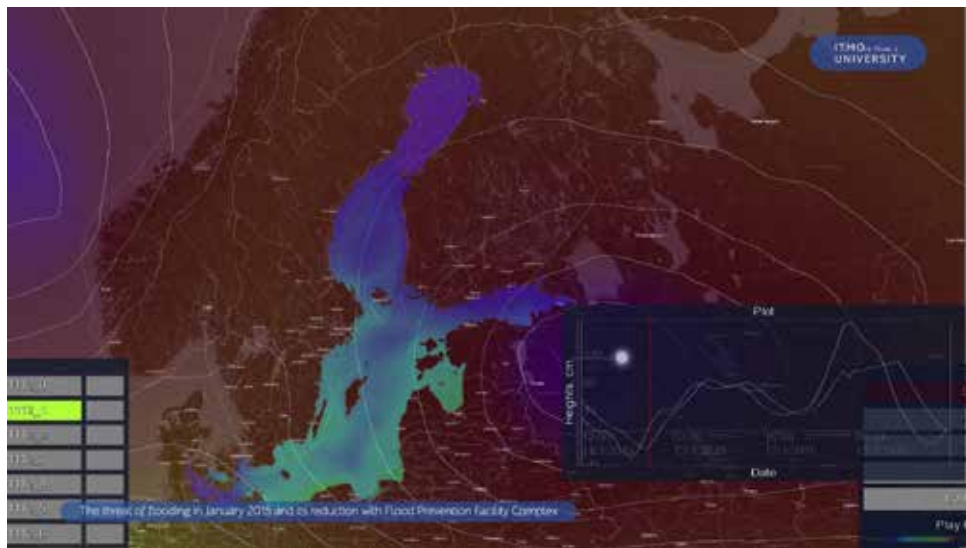
[www.youtube.com/
watch?v=aRY-MNYme7I](http://www.youtube.com/watch?v=aRY-MNYme7I)

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОСТИ В МЕТРО



www.youtube.com/watch?v=NTQcRf7IG9o

УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ: ПРИНЦИП РАБОТЫ КОМПЛЕКСА ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПЕТЕРБУРГА ОТ НАВОДНЕНИЙ



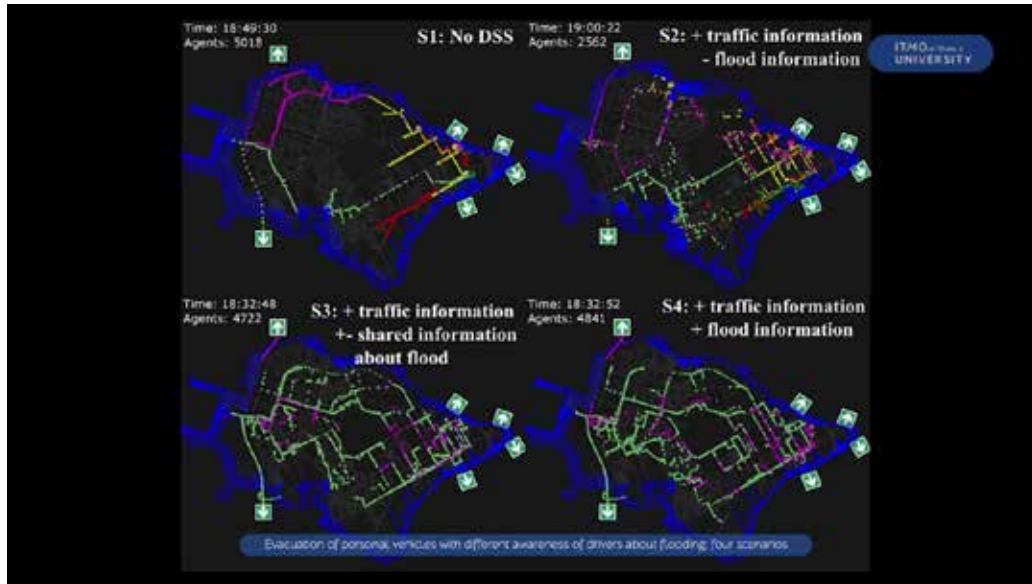
[www.youtube.com/
watch?v=JMgNI3xRIKQ](http://www.youtube.com/watch?v=JMgNI3xRIKQ)

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УГРОЗЕ ЗАТОПЛЕНИЯ: МОБИЛЬНЫЙ СЕРВИС



1. Поддержка мобильной инфраструктуры (высокопроизводительный сервер мобильных приложений).
2. Динамическое выделение ресурсов в зависимости от числа абонентов.
3. Учет обратной связи (положения абонентов) при моделировании.

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ЭВАКУАЦИИ НА ЛИЧНОМ ТРАНСПОРТЕ



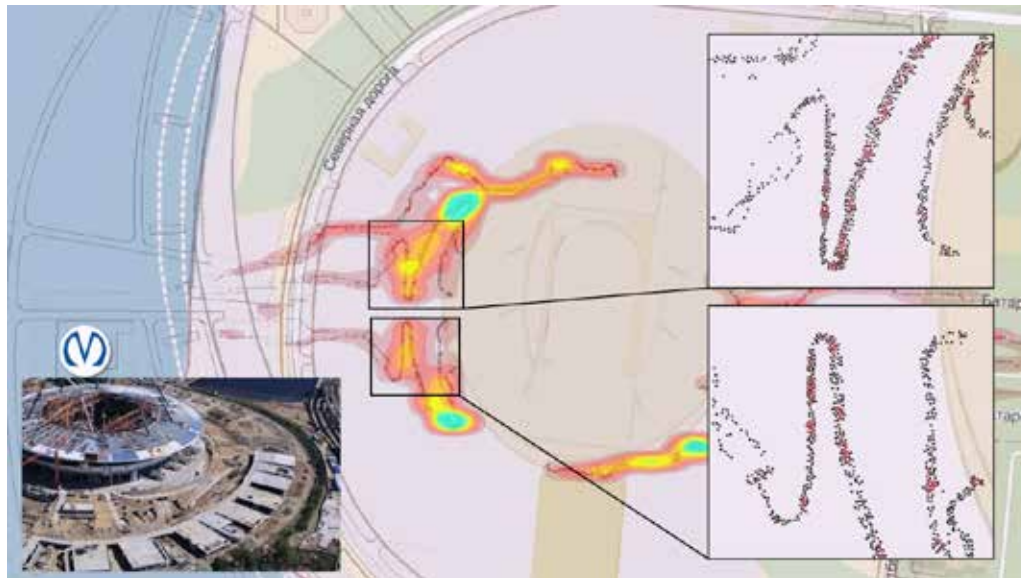
www.youtube.com/watch?v=T44NHUEbcyg

АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ: «ПРОБКА» НА ВХОДЕ В МЕТРО «ВАСИЛЕОСТРОВСКАЯ» (РЕТРОСПЕКТИВА)



<https://youtu.be/aRY-MNYme7I?t=56s>

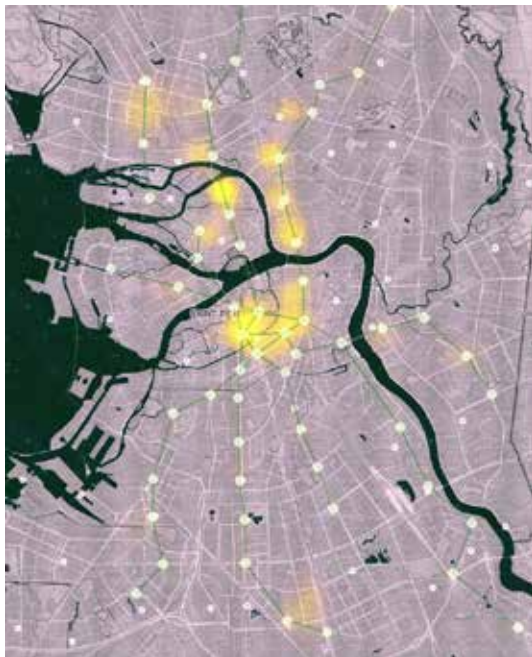
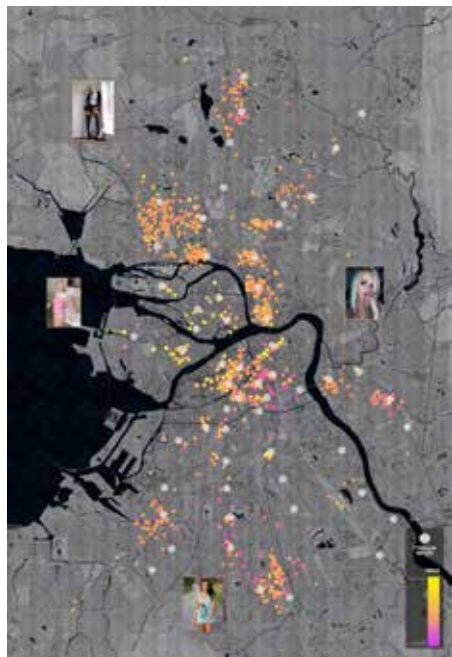
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКИДАНИЯ СТАДИОНА БОЛЕЛЬЩИКАМИ



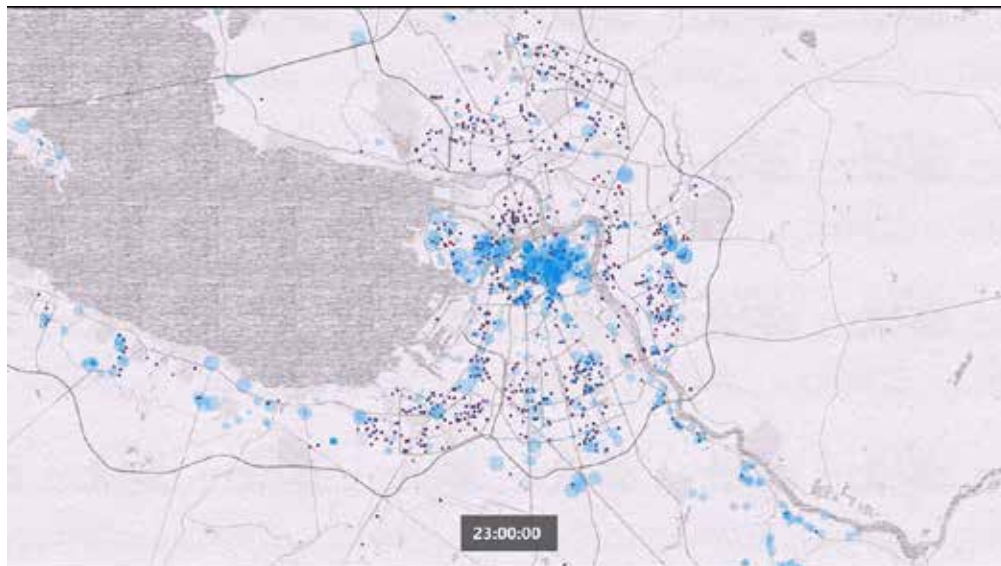
[www.youtube.com/
watch?v=KIMi_1IngIA](http://www.youtube.com/watch?v=KIMi_1IngIA)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКРЫТЫХ ГОРОДСКИХ ПРОЦЕССОВ

ВСЕ ОТ ДАННЫХ: «ГРЯЗНЫЕ ДЕНЬГИ» В ПЕТЕРБУРГЕ (ПРОСТИТУЦИЯ)

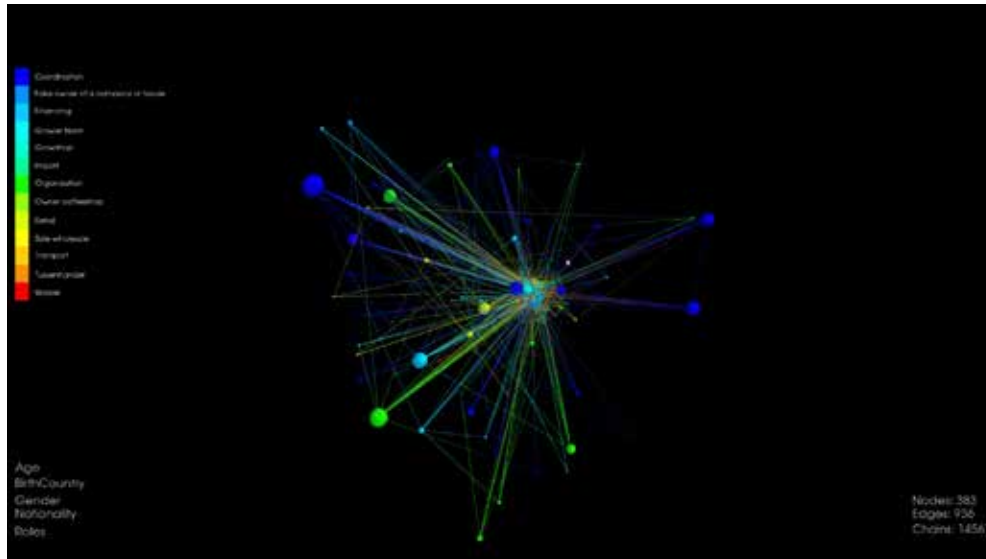


ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВ «ГРЯЗНЫХ ДЕНЕГ» В ПЕТЕРБУРГЕ



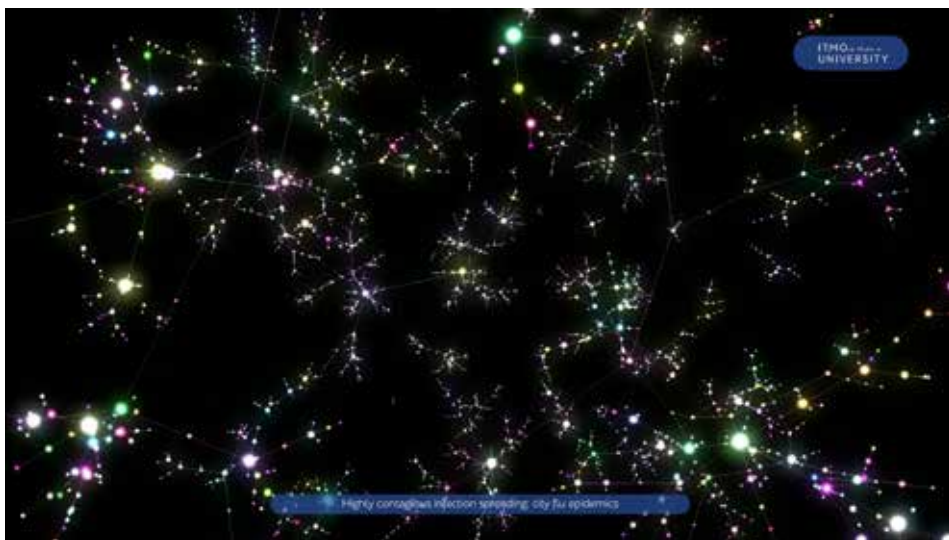
[www.youtube.com/
watch?v=OLKOTI3wcn0](http://www.youtube.com/watch?v=OLKOTI3wcn0)

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИМИНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ (НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МВД НИДЕРЛАНДОВ)



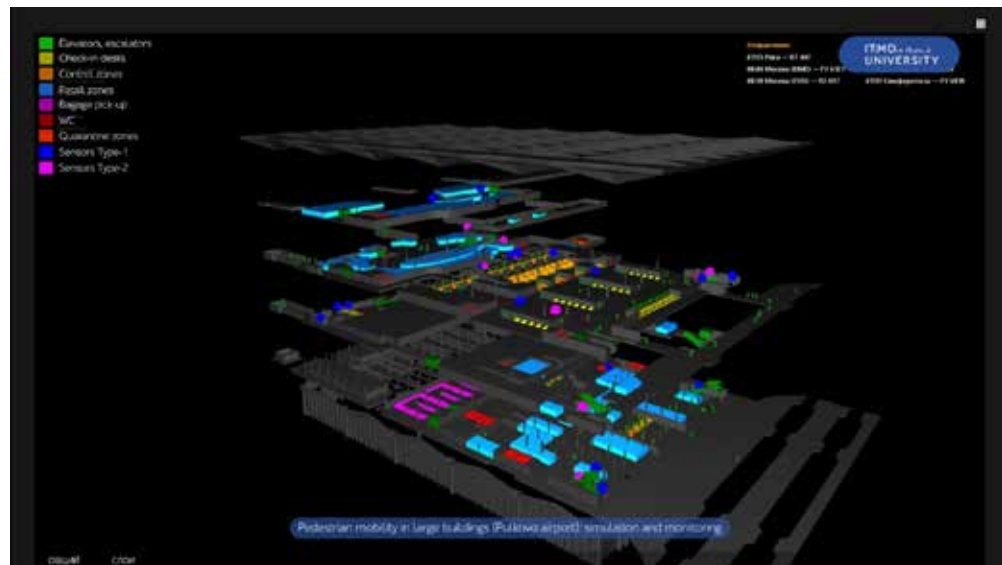
[www.youtube.com/
watch?v=59Ug_pfEsk0](http://www.youtube.com/watch?v=59Ug_pfEsk0)

СКРЫТЫЕ КОНТАКТНЫЕ СЕТИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФЕКЦИИ (ГРИПП)



[www.youtube.com/
watch?v=IE5z40Mu_pM](http://www.youtube.com/watch?v=IE5z40Mu_pM)

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЩЕСТВЕННЫХ УГРОЗ



[www.youtube.com/
watch?v=AoDpC7xlx3U](http://www.youtube.com/watch?v=AoDpC7xlx3U)

ИНФРАСТРУКТУРА ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

СОВРЕМЕННЫЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



Суперкомпьютер – это компьютер, производительность которого всего лишь на порядок меньше, чем этого требуют задачи современного естествознания.

Особенности архитектуры современных суперкомпьютеров:

- 1) масштабируемость (10000 ядер – не редкость...)
- 2) иерархичность (ядро – процессор – узел – кластер – мультикластер...)
- 3) гибридность (использование акселераторов, потоковых процессоров и пр.)
- 4) гибкость (softness) – объединение в гиперсети

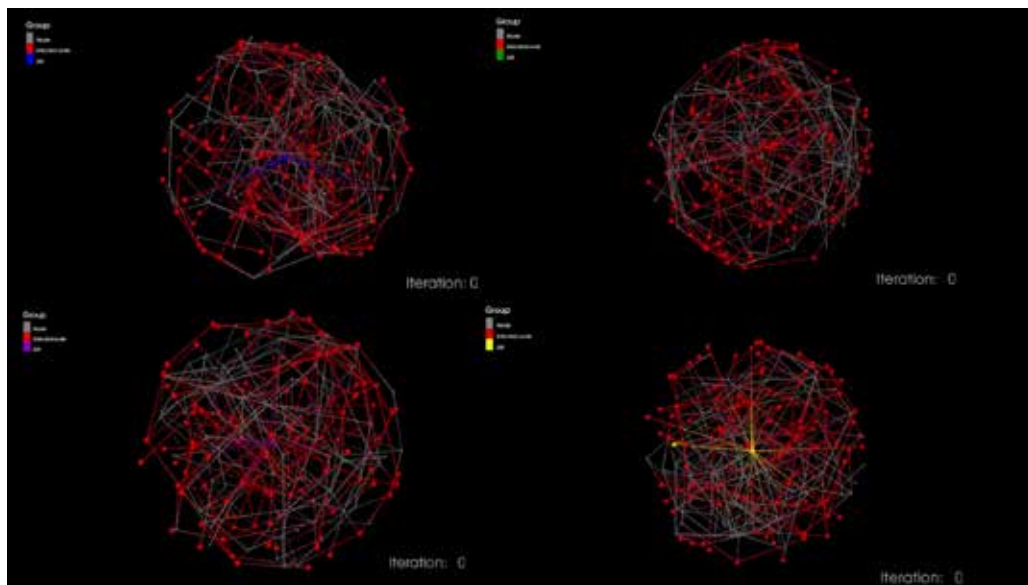
СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОБЛЕМА РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ



Моделирование
половой сети
распространения ВИЧ

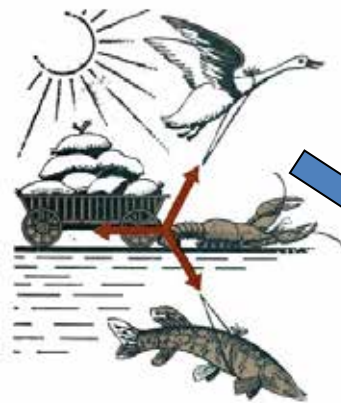
[www.youtube.com/
watch?v=P4NDM0F54zo](http://www.youtube.com/watch?v=P4NDM0F54zo)

ЭФФЕКТИВНЫЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СЕТЕЙ



<https://www.youtube.com/watch?v=d3aq0g0R1NM>

ПРОБЛЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ

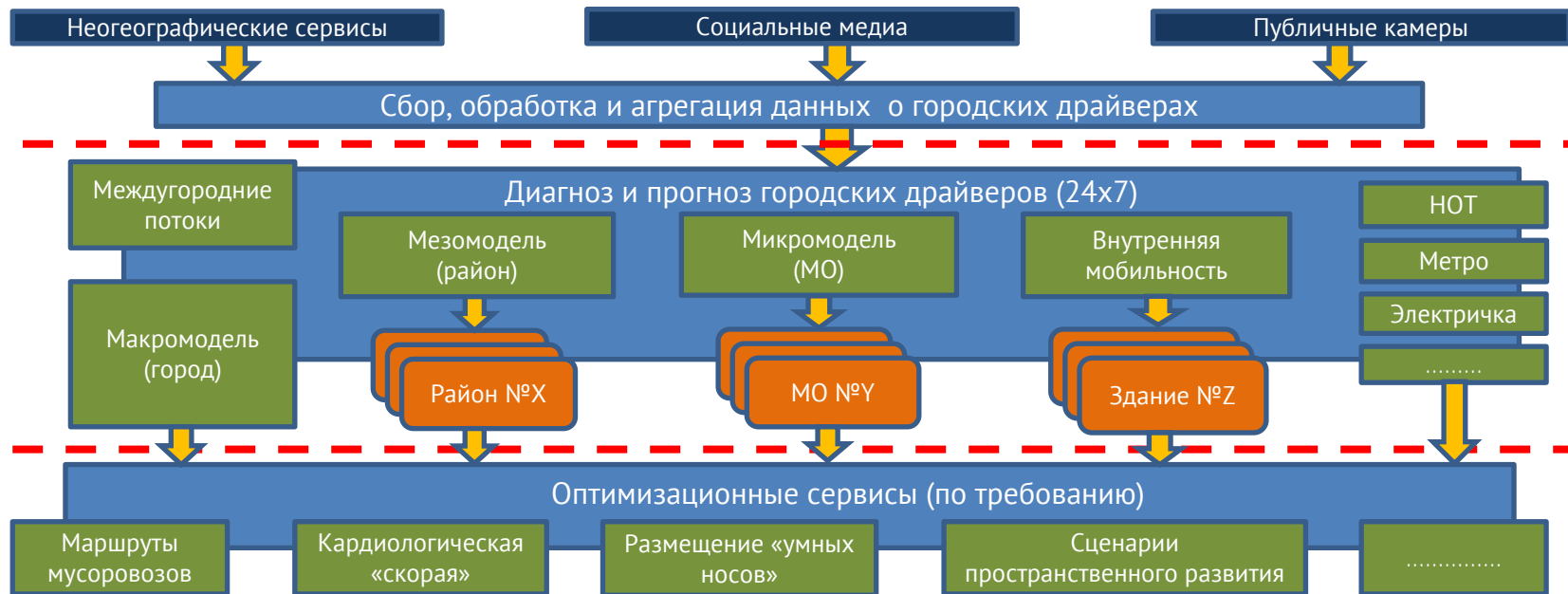


Сложная система — это не просто «Большая вычислительная задача».

1. Неоднозначность способов распараллеливания.
2. Иерархическая конкуренция параллельных алгоритмов.
3. Прогрессирующий (стохастический) дисбаланс вычислительной нагрузки.
4. Неоднородность вычислительных технологий и параллельных архитектур.



ПРЕДМЕТНАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



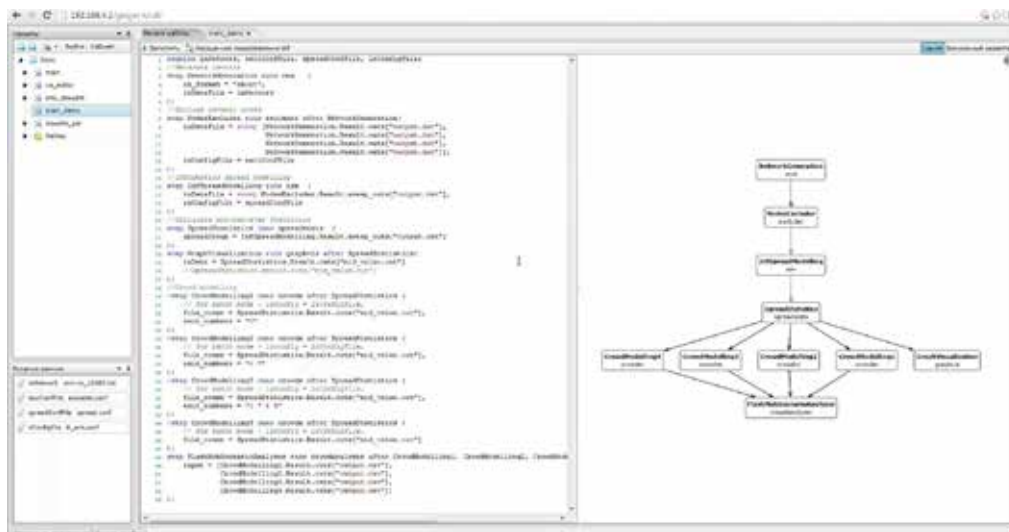
В ЧЕМ ЗДЕСЬ «КАМЕНЬ ПРЕТКНОВЕНИЯ» ДЛЯ ТРАДИЦИОННЫХ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Большое количество задач разной ресурсоемкости, которые должны выполняться параллельно.
2. Различные требования к вычислительным архитектурам и операционным системам.
3. Динамический характер условий выполнения задач (в том числе, нерегулярность поступления данных).
4. Неструктурированные асинхронные коммуникации.
5. Ограничение сверху на время получения результата.
6. Сопряжение суперкомпьютерных технологий и Big Data.



Необходима интеграционная суперкомпьютерная технология, которая позволит «...впрячь в одну телегу... коня и трепетную лань»

CLAVIRE: ОБЛАЧНАЯ ПЛАТФОРМА ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ



<https://youtu.be/6wkpdRDyR14>

ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ МАГИСТЕРСКИЕ ПРОГРАММЫ ДВОЙНОГО ДИПЛОМА (НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ)

1. Суперкомпьютерные технологии в междисциплинарных исследованиях (Supercomputer Technologies in Interdisciplinary Research) – 2012.
2. Большие данные и экстренные вычисления (Big Data and Urgent Computing) – 2014.
3. Суперкомпьютерные технологии в исследовании процессов большого города (Urban Supercomputing) – 2014.
4. Технологии социального моделирования и прогнозирования (Technologies for Social Modelling and Forecasting) – 2015.
5. Вычислительная биомедицина (Computational Biomedicine) – 2016.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ...



Предсказательное моделирование — это мощный инструмент. Но это всего лишь инструмент. Без данных и без сценариев — это ничто...