

Научный семинар по исследованиям
цифровой экономики
«Математические модели в цифровой экономике.
К юбилею кафедры ММАЭ»

Компьютерные модели в сети
ситуационных центров

Бахтизин А.Р.

Москва, 08.02.2023

Прогнозы от МВФ являются одними из **наиболее цитируемых и просматриваемых в мире**. Более того, результаты прогнозов **влияют на решения**, принимаемые правительствами, инвесторами и прочими активными участниками экономических систем большинства стран мира.

Как показали опросы МВФ, должные лица центральных банков и финансовых ведомств большинства стран используют прогнозы МВФ для сверки собственных расчетов.

Насколько они достоверны?

Прогнозы на 2022 год

	(1) от 19 апреля 2022	(2) от 11 октября 2022	(3) от 31 января 2023	Отличия 3 от 1
Мир	3,6	3,2	3,4	-0,2
США	3,7	1,6	2,0	-1,7
Китай	4,4	3,2	3,0	-1,4
Россия	-8,5	-3,4	-2,2	6,3
Германия	2,1	1,5	1,9	-0,2

Прогнозы на 2023 год

	(1) от 19 апреля 2022	(2) от 11 октября 2022	(3) 31 января 2023	Отличия 3 от 1
Мир	3,6	2,7	2,9	-0,7
США	2,3	1,0	1,4	-0,9
Китай	5,1	4,4	5,2	0,1
Россия	-2,3	-2,3	0,3	2,6
Германия	2,7	-0,3	0,1	-2,6

Агентство **Bloomberg** провело анализ более **3200** прогнозов для большинства стран мира, опубликованных за период с **1999–2019 гг. (период до ковида и СВО)**, показавший значительные расхождения с фактическими значениями. Только **6,1%** случаях отклонения не превышают **0,1** процентных пункта. Среднее значение отклонения от прогноза составляет **2,0** процентных пункта, при этом для стран с развитой экономикой оно составляло **1,3**, а для развивающихся около **2,1**.

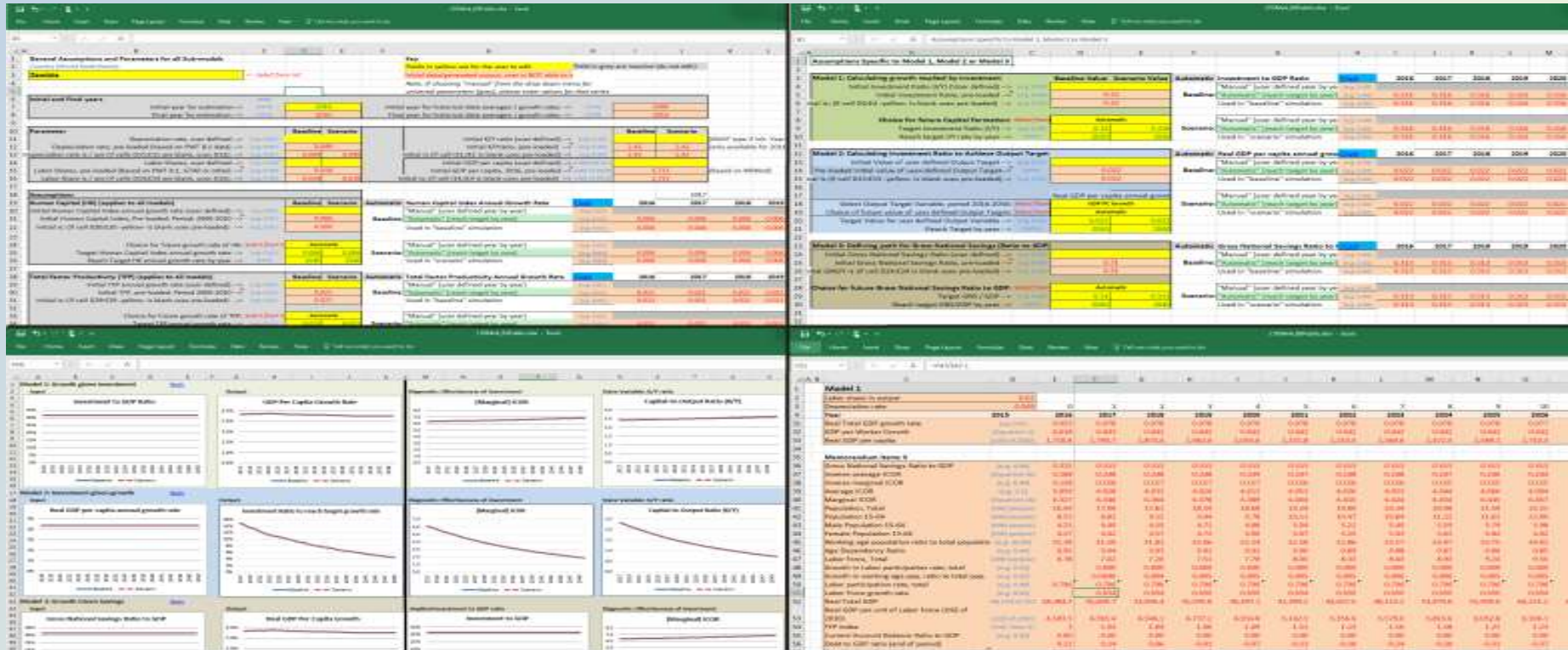
В **56%** случаях прогнозы МВФ занижали рост ВВП и, соответственно, завышали его в **44%** случаев, но важный факт заключается в том, что для США МВФ переоценивает рост в **80%** случаях, а, к примеру, для Китая в **20%**. (<https://www.bloomberg.com/graphics/2019-imf-forecasts>)



Хронология прогнозов по России

МВФ (World Economic Outlook)	Среднесрочный прогноз Банка России
19 апреля 2022 -8,5% (2022) -2,3 (2023)	29 апреля 2022 -8,0%-10,0% (2022) 3,0%-0,0% (2023)
11 октября 2022 -3,4% (2022) -2,3 (2023)	28 октября 2022 -3,0%-3,5% (2022) -4,0%-1,0% (2023)
31 января 2023 -2,2% (2022) 0,3% (2023)	???
https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2022/04/19/world-economic-outlook-april-2022 https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2022/10/11/world-economic-outlook-october-2022	https://cbr.ru/about_br/publ/ddkp/

Модель Всемирного банка



$$g_{y,t+1} \approx g_{A,t+1} + \beta(g_{h,t+1} + g_{\omega,t+1} + g_{N,t+1} + g_{p,t+1}) + \left[\frac{1-\beta}{K_t/Y_t} \right] \frac{I_t}{Y_t} - (1-\beta)\delta$$

[GDP Growth]

[TFP]

[Human Cap]

[Demographics]

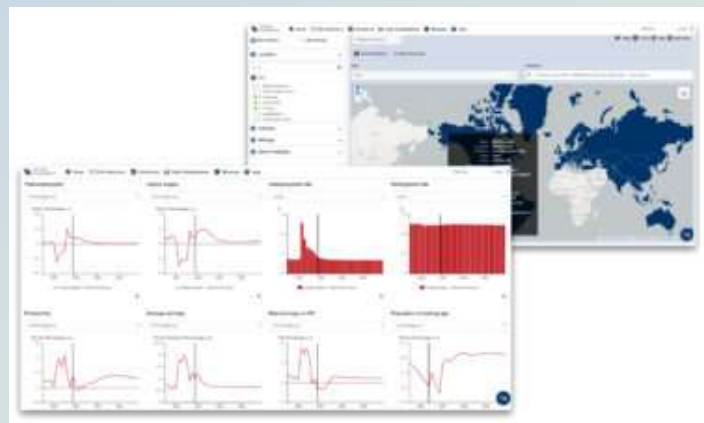
[Participation]

MPK=1/mICOR

[Investment]

Инвестиции, демографические показатели, внешний долг и др.

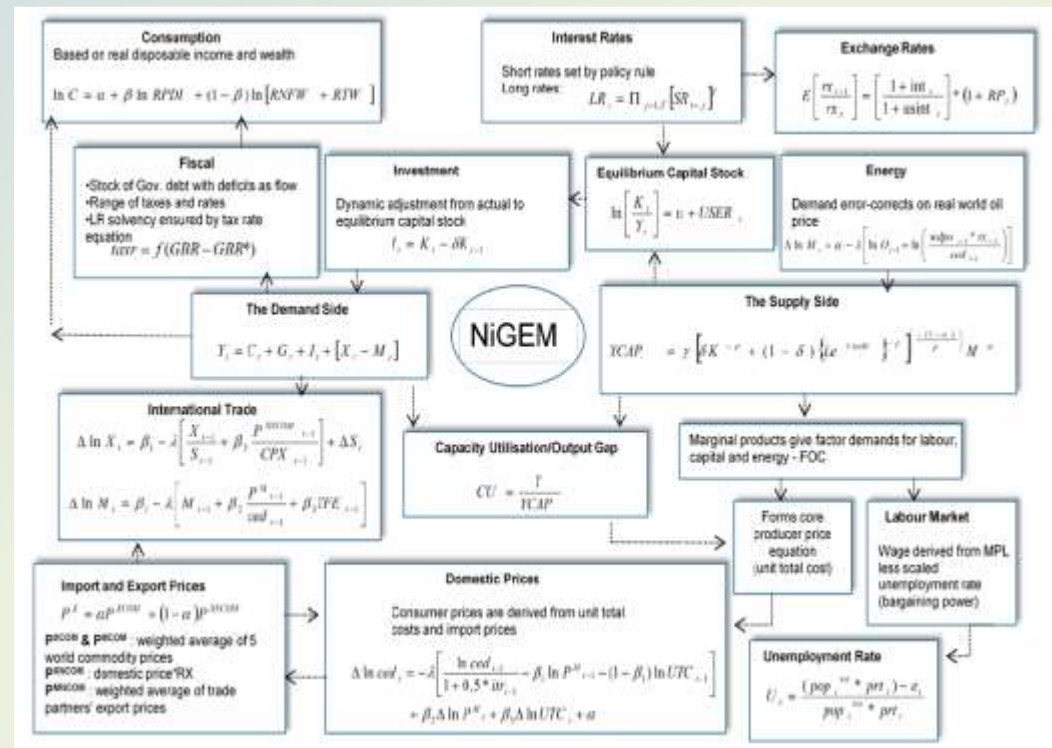
Global Economic Model



<https://www.oxfordeconomics.com/service/subscription-services/macro/global-economic-model/>

The National Institute Global Econometric Model (NiGEM) – последствия Brexit, торговая войны США и Китая и т.д. The National Institute of Economic and Social Research, UK

> 60 стран, около 5000 макропеременных



Производственные функции CES (капитал, общее количество отработанных часов, технический прогресс, затраты нефти

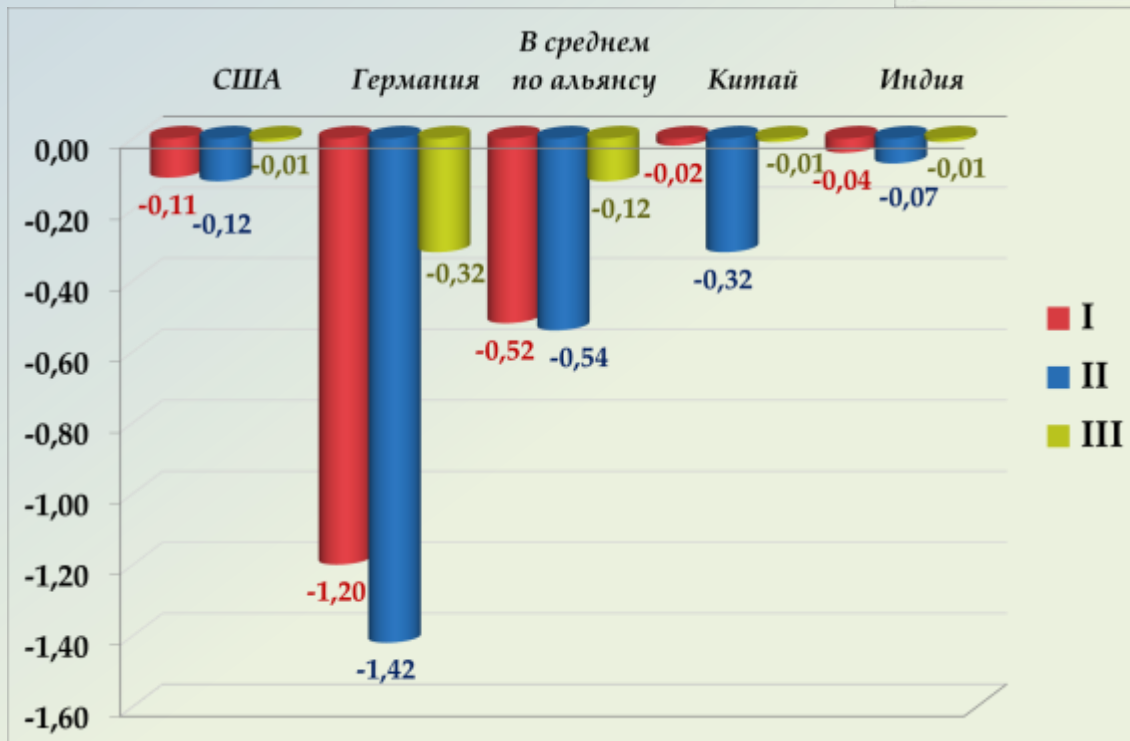
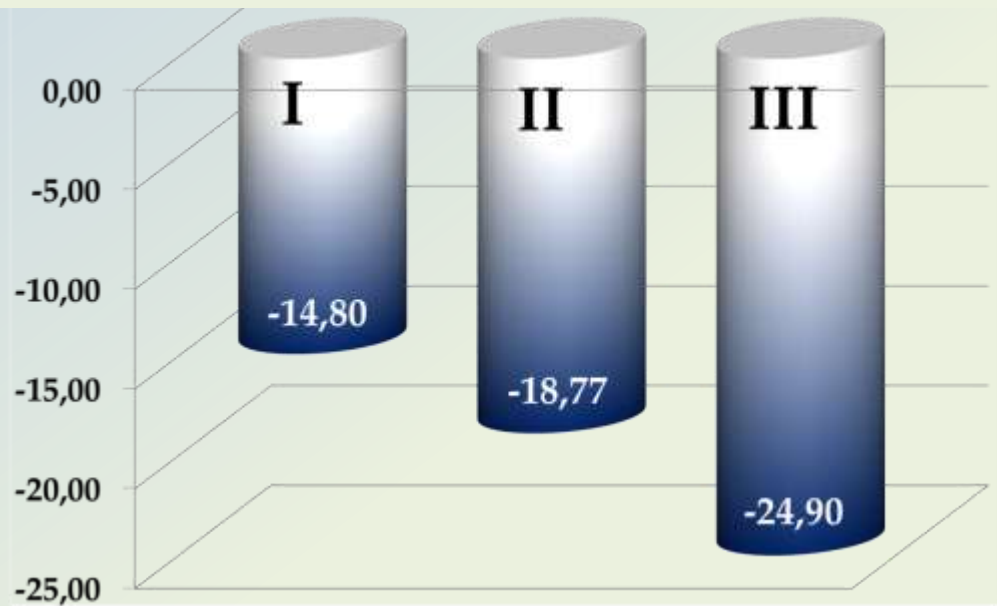
<https://www.niesr.ac.uk/national-institute-global-econometric-model-nigem>,
<https://www.niesr.ac.uk/publications/economic-costs-russia-ukraine-conflict>

Оценка последствий торговой войны между странами НАТО и Россией

Центр исследований экономики и политики (Centre for Economic Policy Research, 1700 ведущих экономистов мира из более чем 330 учреждений в 30 странах)

Global Trade Analysis Project (GTAP)

Снижение ВВП России



I. Эмбарго на импорт из России; эмбарго на экспорт в Россию

II. Китай присоединяется к эмбарго союзников

III. Россия также вводит эмбарго

<https://voxeu.org/article/potential-economic-effects-allied-trade-embargo-russia>

Согласованный набор моделей для ситуационных центров

Зарубежные СЦ органов государственной власти (с 1960-х гг.):

1) Ситуационная комната Белого дома (White House Situation Room), 1961 г. 2) Стратегический информационно-оперативный центр - (Strategic Information and Operations Center), в штаб-квартире ФБР, 1998 г. 3) Ситуационный центр управления по обеспечению безопасности территории страны ВМФ США (Homeland Security Coordination Center), 2002 г.



Н.И. Ильин и др. «Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития»:

С 1986 г. - идея создания и первый опыт. Происходит поэтапный процесс их интеграции в систему распределенных ситуационных центров, работающих по единому регламенту взаимодействия, формируемую в соответствии с Указом Президента РФ от 25 июля 2013 г. № 648. **Основная цель:** Создание системы распределенных ситуационных центров России, курируемых ФСО России и способствующих цифровой трансформации государственного управления.

Одна из задач: Объединение существующих СЦ в единую систему.



Проблемы: 1) отсутствие согласованного набора моделей, алгоритмов, методов решения задач прогнозирования, текущего планирования (отраслевого и территориального), стратегического планирования, управления, как для федерального, так и для регионального уровней; 2) безопасность, связанная с использованием стороннего программного обеспечения («врожденные» программные «закладки» и «приобретенные»). Последствия могут привести к значительному ущербу.

План работ по модернизации действующих и созданию новых ситуационных центров

Ситуационные центры федеральных органов государственной власти

Федеральное Собрание	СЦ Президента РФ		СЦ Правительства РФ			
Совет Федерации	Администрация Президента РФ	Министерство внутренних дел Российской Федерации	Министерство здравоохранения Российской Федерации	Министерство промышленности и торговли Российской Федерации	Министерство транспорта Российской Федерации	Министерство экономического развития Российской Федерации
Государственная Дума	Контрольное управление	МЧС России	Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии	Федеральная служба по надзору в сфере транспорта	Федеральная служба по аккредитации
Судебная система. Прокуратура	Управление по работе с обращениями граждан и организаций	Министерство иностранных дел Российской Федерации	Федеральное медико-биологическое агентство	Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока	Федеральное агентство воздушного транспорта	Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии
Конституционный Суд РФ	Совет Безопасности РФ	Федеральное агентство по делам СНГ	Министерство культуры Российской Федерации	Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации	Федеральное дорожное агентство	Федеральная служба государственной статистики
Верховный Суд РФ		Министерство обороны Российской Федерации	Федеральное агентство по туризму	Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций	Федеральное агентство железнодорожного транспорта	Федеральная служба по интеллектуальной собственности
Генеральная Прокуратура РФ		Федеральная служба по военно-техническому сотрудничеству	Министерство образования и науки Российской Федерации	Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям	Федеральное агентство морского и речного транспорта	Федеральное агентство по управлению государственным имуществом
Следственный комитет Российской Федерации		Федеральная служба по техническому и экспортному контролю	Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки	Федеральное агентство связи	Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации	Министерство энергетики Российской Федерации
		Министерство юстиции Российской Федерации	Федеральное агентство по делам молодежи	Министерство Российской Федерации по делам Северного Кавказа	Федеральная служба по труду и занятости	Федеральная антимонопольная служба
		Федеральная служба исполнения наказаний	Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации	Министерство сельского хозяйства Российской Федерации	Министерство финансов Российской Федерации	Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
		Федеральная служба судебных приставов	Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды	Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору	Федеральная налоговая служба	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
		Государственная фельдшерская служба Российской Федерации	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования	Федеральное агентство по рыболовству	Федеральная служба по регулированию алкогольного рынка	Федеральное агентство по государственным резервам
		Федеральная служба безопасности Российской Федерации	Федеральное агентство водных ресурсов	Министерство спорта Российской Федерации	Федеральная таможенная служба	Федеральное агентство научных организаций
		Федеральная служба охраны Российской Федерации	Федеральное агентство лесного хозяйства	Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации	Федеральное казначейство (Федеральная служба)	Федеральное агентство по делам национальностей
		Федеральная служба по финансовому мониторингу	Федеральное агентство по надзору за использованием			Пенсионный фонд Российской Федерации
		Федеральная служба войск национальной гвардии Российской Федерации				

СЦ созданы

СЦ создаются или модернизируются

Планируется создание СЦ

СЦ отсутствуют

В ФОИВ работы по созданию СЦ ведутся недостаточно активно

*по материалам д.т.н., профессора, Н.И. Ильина



Региональные ситуационные центры

ППП Президента РФ в ЦФО	ППП Президента РФ в СЗФО	ППП Президента РФ в ЮФО	ППП Президента РФ в СКФО	ППП Президента РФ в ПФО	ППП Президента РФ в УФО	ППП Президента РФ в СФО	ППП Президента РФ в ДФО
Белгородская область	Республика Карелия	Республика Адыгея	Республика Дагестан	Республика Башкортостан	Курганская область	Республика Алтай	Республика Саха (Якутия)
Брянская область	Республика Коми	Республика Калмыкия	Республика Ингушетия	Республика Марий Эл	Свердловская область	Республика Бурятия	Камчатский край
Владимирская область	Архангельская область	Краснодарский край	Кабардино-Балкарская Республика	Республика Мордовия	Тюменская область	Республика Тыва	Приморский край
Воронежская область	Вологодская область	Астраханская область	Карачаево-Черкесская Республика	Республика Татарстан	Челябинская область	Республика Хакасия	Хабаровский край
Ивановская область	Калининградская область	Волгоградская область	Республика Северная Осетия-Алания	Удмуртская Республика	Ханты-Мансийский автономный округ - Югра	Алтайский край	Амурская область
Калужская область	Ленинградская область	Ростовская область	Чеченская Республика	Чувашская Республика	Ямало-Ненецкий автономный округ	Забайкальский край	Магаданская область
Костромская область	Мурманская область	Республика Крым	Ставропольский край	Пермский край		Красноярский край	Сахалинская область
Курская область	Новгородская область	Севастополь		Кировская область		Иркутская область	Еврейская автономная область
Липецкая область	Псковская область			Нижегородская область		Кемеровская область	Чукотский автономный округ
Московская область	Санкт-Петербург			Оренбургская область		Новосибирская область	
Орловская область	Ненецкий автономный округ			Пензенская область		Омская область	
Рязанская область				Самарская область		Томская область	
Смоленская область				Саратовская область			
Тамбовская область				Ульяновская область			
Тверская область							
Тульская область							
Ярославская область							
Москва							

СЦ созданы – 30

СЦ создаются или модернизируются – 24

Планируется создание СЦ – 31

Решение о создании СЦ не принято – 8

В субъектах РФ СЦ интенсивно создаются, наращивается их информационная компонента

*по материалам д.т.н., профессора, Н.И. Ильина

Ситуационный центр ЦЭМИ РАН

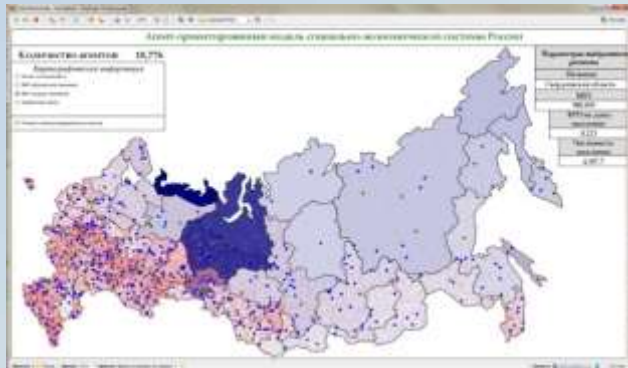


Компьютерные (цифровые, виртуальные) модели экономики и общества в ЦЭМИ РАН

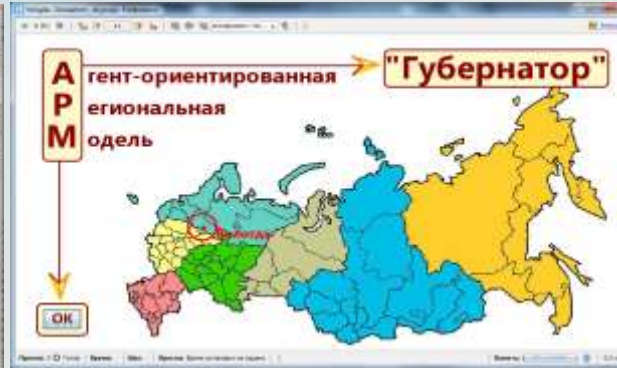
- ☐ Эконометрика, нейронные сети
- ☐ Вычислимые модели общего равновесия
- ☐ Агент-ориентированные модели

Компьютерные модели ЦЭМИ РАН

Агентная модель России



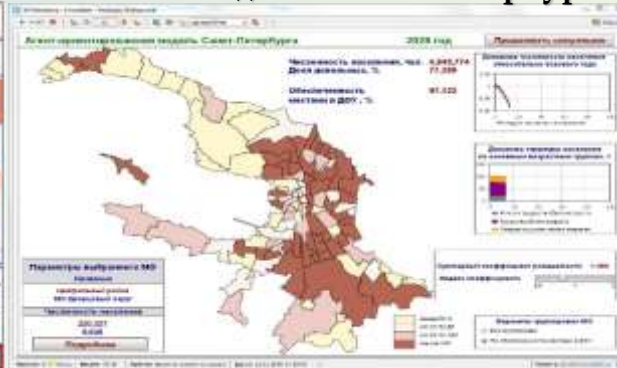
Региональная модель «Губернатор»



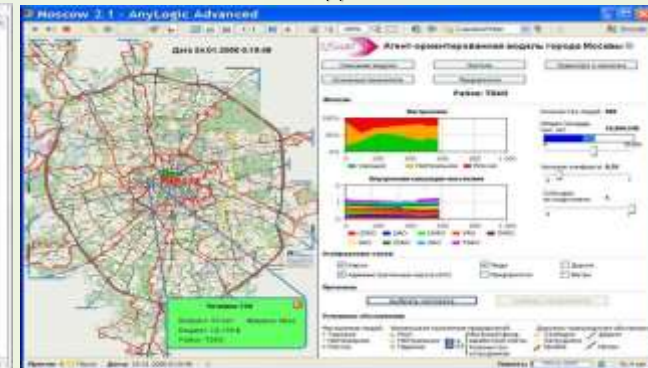
Агентная модель Евразии



Агентная модель Санкт-Петербурга



Агентная модель Москвы



Агентная модель Европейского союза



Агент-ориентированная модель трудовой миграции из Китая в Россию



Агентная модель Роскосмоса





Стратегия развития Кузбасса 2035

МГУ (Квинт В.Л., М.К. Алимуратов М.К., Новикова И.В. и др.)
ЦЭМИ РАН (Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Евдокимов Д.С. и др.)



Схематический пример взаимодействия государственных учреждений с
главным СЦ Губернатора Кемеровской области



Реализация стратегического приоритета для Кузбасса

Действующая «Кемеровская
система распределенных
ситуационных центров»

Главный
вычислительный
когнитивный центр
на базе СЦ
Губернатора КО

СЦ на базе
муниципалитетов в
крупных городах
Кемеровской области
– 19 объектов

Ситуационные комнаты (СК)/
автоматизированных систем
управления предприятиями 7
объектов*, размещенных в
учреждениях г. Кемерово.

**Общее количество АСУП/СК/СЦ/КЦ
может быть увеличено с учетом
развития Кузбасса*



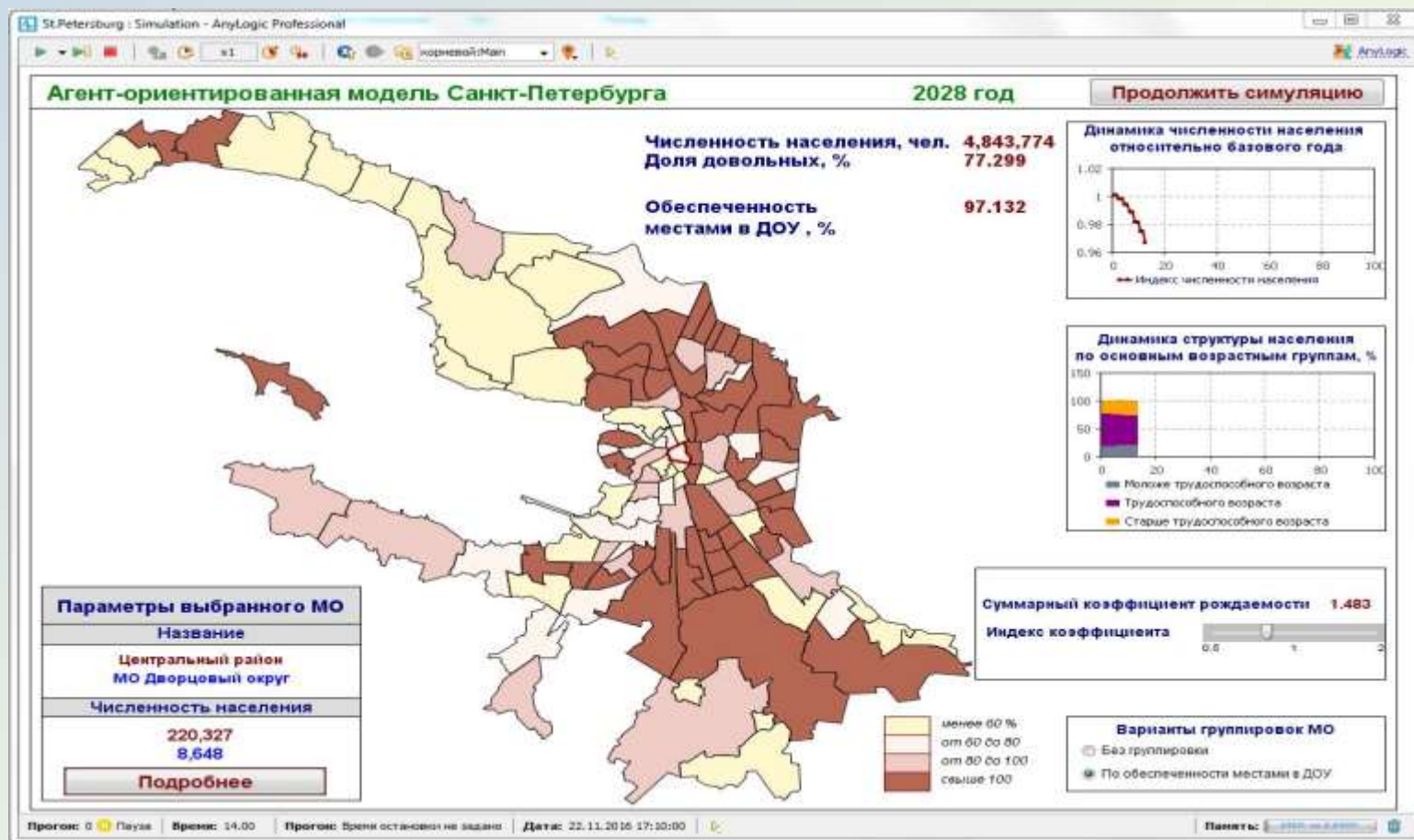


Агентная модель Санкт-Петербурга



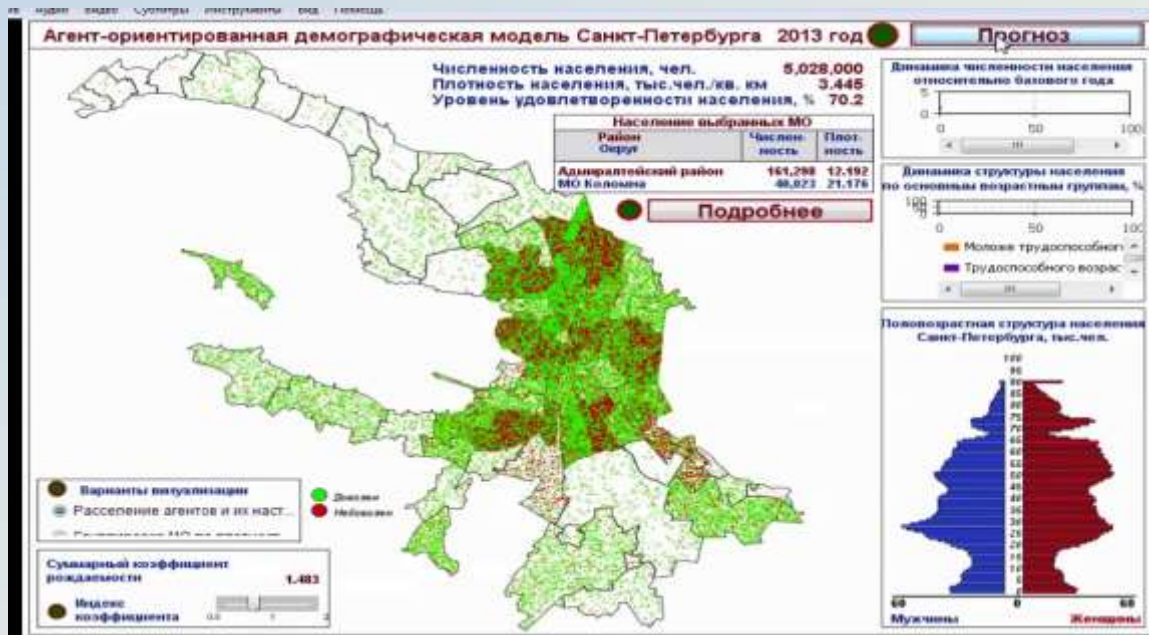
Макаров В.Л., Квинт В.Л., Бахтизин А.Р.,
Сушко Е.Д., Макаров С.В., Наумов В.Н.

Северо-Западный Институт
Управления РАНХиГС



Одно из важнейших направлений использования модели – стать рабочим инструментом Стратегии экономического и социального развития г. Санкт-Петербурга на период до 2030 г. в части оценки последствий управленческих решений, при реализации задач Стратегии и в части прогнозирования социально-экономического развития Санкт-Петербурга.

Макаров В.Л., Квинт В.Л., Шамахов В.А., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Бурилина М.А. Агент-ориентированные модели как инструмент апробации управленческих решений в системе распределенных ситуационных центров

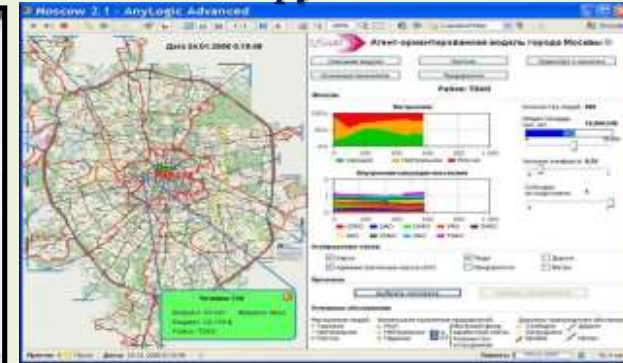
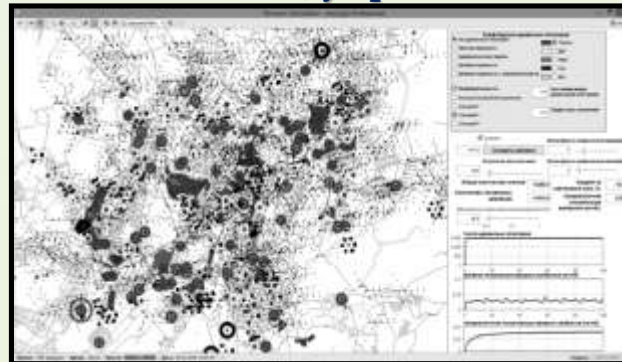


Модель человеческого капитала и его воспроизводства в масштабе города

Экологический блок для базовой модели города

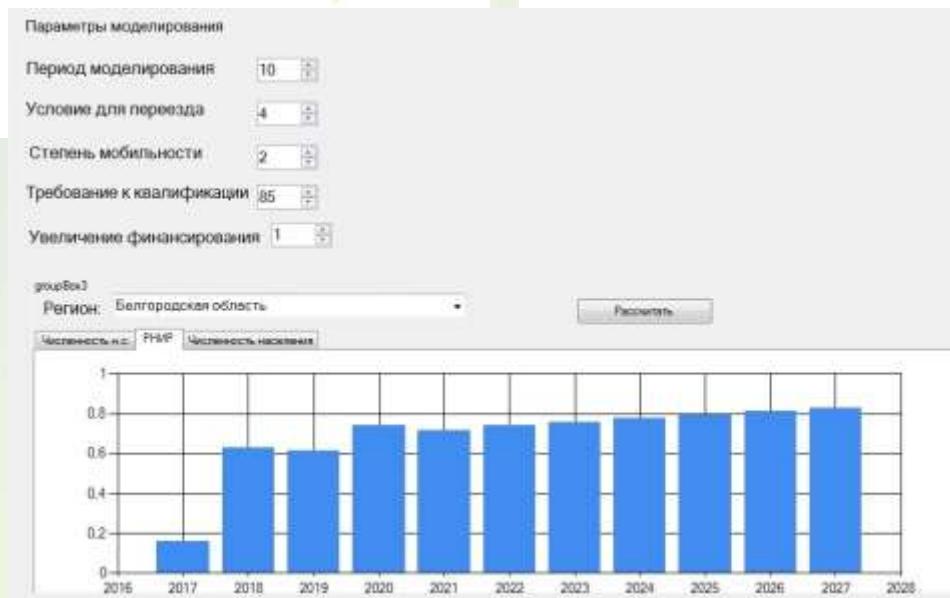
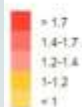
Агент-ориентированная модель экономической жизни города

Социо-эколого-экономические агент-ориентированные модели (процессы загрязнения окружающей среды вследствие деятельности человека; влияние состояния экологии на заболеваемость и смертность населения; управление экологической нагрузкой)



Агентная модель «Интеллектуальная Россия»

Хачатрян Н.К., Кузнецова О.И., Акиншин А.П., Григорьев П.В.



Цифровой двойник социально-экономической системы России или искусственное общество на базе агентного подхода.

Каждый агент-человек является экземпляром соответствующего программного класса со своими значениями набора

характеристик:

- пол;
- возраст;
- регион проживания;
- тип поселения (город, село);
- обеспеченность жильем;
- обеспеченность медицинскими услугами;
- уровень образования;
- число детей;
- доход;
- тип репродуктивного поведения;
- социальные связи (имеется в виду коллекция агентов, имеющих связь с конкретным индивидуумом);
- уровень удовлетворенности.

Основные программные методы, реализующие поведение агентов модели:

- миграция;
- рождение ребенка;
- смерть агента;
- образование семьи.

Укрупненная схема работы демографической агент-ориентированной модели – цифрового двойника российского общества



Макаров В.Л., Нигматулин Р.И., Ильин Н.И., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Сидоренко М.Ю. (2022): Цифровой двойник (искусственное общество) социально-экономической системы России – платформа для экспериментов в сфере управления демографическими процессами // Экономические стратегии

Модельный комплекс «МЁБИУС»

I блок – гибридная
межотраслевая модель
(МЁБИУС – экономика)

II блок –
демографическая
агентная модель
(МЁБИУС – социум)

III блок – агент-ориентированная модель стран Евразии
(МЁБИУС – континент)

IV блок – система
проектирования
агент-
ориентированных
моделей для запуска в
параллельном
режиме (МЁБИУС –
суперкомпьютер)

V блок – модуль для расчета интегральных
показателей национальной силы и национальной
безопасности

Внешний контур – симулятор социально-
экономической динамики (Social Economic Dynamics)

Суперкомпьютеры:
«Млечный путь – 2»,
«Ломоносов – 2»,
MBC-100K

Терминальный доступ к суперкомпьютерам

Ломоносов-2 (МГУ)



Ломоносов (МГУ)



Млечный путь-2 (Китай)

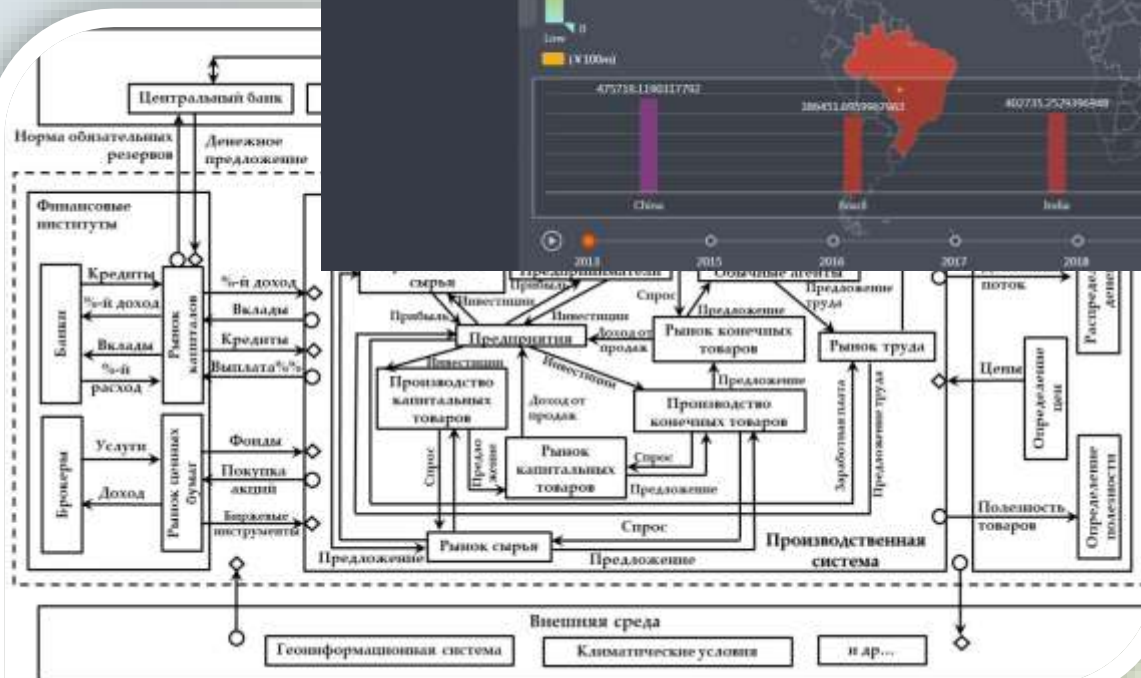


МСЦ РАН



- ❑ Специалисты РАН и МГУ разработали технологию поддержки агент-ориентированного моделирования для суперкомпьютеров – **STARS** (Supercomputer Technology for Agent-oriented Simulation), позволяющая эффективно масштабировать модели описываемого класса до 10^9 агентов.
- ❑ Технология была применена при реализации крупномасштабной агентной модели стран Евразии, имитирующей основные процессы движения населения этих стран и их экономики, а также последствия реализации крупных инфраструктурных проектов как результата действий множества самостоятельных агентов.
- ❑ Тестирование было проведено на различных суперкомпьютерах (**Ломоносов**, но в том числе и совместно со специалистами Национального суперкомпьютерного центра г. Гуанчжоу (Китай) на одном из самых быстрых суперкомпьютеров мира – «**Млечный путь-2**»).

Симулятор для прогнозирования социально- экономической динамики (Social Economic Dynamics (SED))



Платформа SED охватывает более 100 стран, каждая из которых представлена совокупностью различных агентов (домашние хозяйства, фирмы, отрасли, банки, правительства и т.д.).

Шестое совещание рабочей группы стран БРИКС по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) и высокопроизводительным вычислениям (6th Meeting Of The BRICS Working Group on ICT And HPC)

прошло с 22 по 23 июня 2022 г.

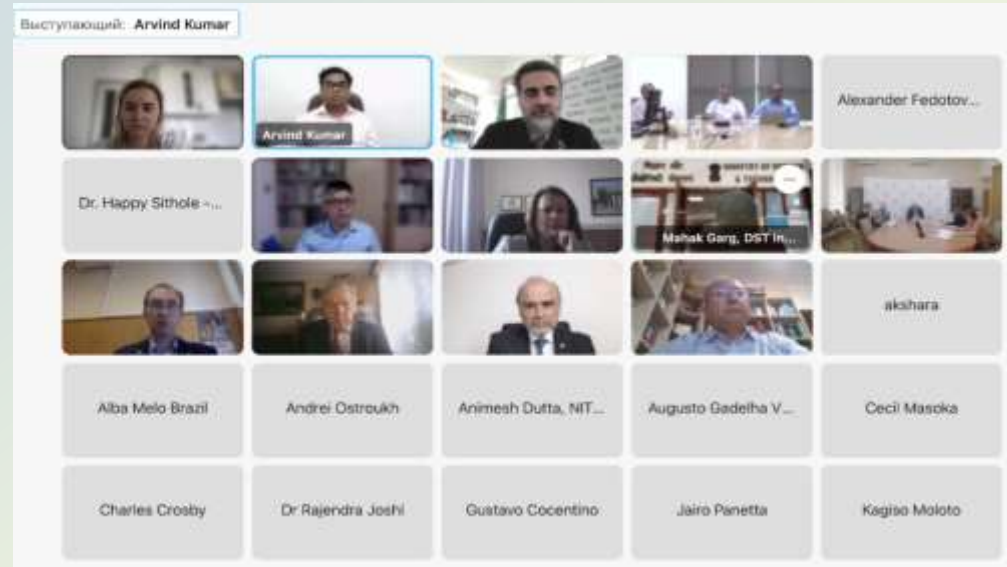
Координаторы: **МГУ и ЦЭМИ РАН.**

Флагманские проекты:

1. Digital Earth

2. Flagship Project on Smart Manufacturing and Integrated Precision Farming

3. Flagship Project on Health



Просмотр экрана Victor Stepanenko

- 45% +



Просмотр экрана xuefeng.yuan

- 33% +



Просмотр экрана Weizhong Li

- 47% +

Collaboration matrix

Method / Problem ↓	Precipitation /floods	Urban air quality	Socio-economic impacts
Earth system models (HPC)			
Numerical Weather Prediction systems (HPC)			
Artificial intelligence			
HPC codesign			

BRICS FLAGSHIP PROJECT ON ICT AND HPC

"AI+HPC+5G" BASED DIGITAL TWINS INNOVATION PLATFORM AND OPEN SOURCE ECOSYSTEM FOR SMART MANUFACTURING AND INTEGRATED PRECISION FARMING

Acronym: AIHPC5G-DTIP-OSEco

Project coordinator: Xue-Feng Yuan



Proposal works

Omics on Health	AI on Health	HPC on Health
Covid-19 receptor expression	Metabolism AI	Bioinformatics community platforms
Comprehensive omics atlas for lung	NSM AI	HPC & Cloud Software tools
Digital organs / tissues	Structure AI	HPC infrastructure
Immuno Omics	Drug design AI	Cloud infrastructure
XXX Omics	XXX AI	XXX HPC

Digital Health with medical omics data, AI technologies, and HPC/Cloud infrastructures

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

в области цифровой трансформации государственного управления

Проект #1 – создание единой автоматизированной системы сбора, обработки и анализа данных отраслей экономики и социальной сферы

Цель проекта: обеспечение органов государственной власти информацией о состоянии отраслей экономики и социальной сферы в режиме реального времени

Автоматизация сбора отчетности по социально-экономическим показателям в отраслях экономики и социальной сфере, создание информационной системы, способной проводить анализ в режиме реального времени по поступающим показателям, информировать о проблемных ситуациях, а также управлять экономикой на основе динамической оптимизационной модели межотраслевого баланса (к 2030 г.)

Росстат:

- ☐ Таблицы ресурсов и использования товаров и услуг за **2019 г.** (≈ 60 отраслей и продуктов), дата публикации 25.01.2022 г.
- ☐ Базовые таблицы «затраты-выпуск» за **2016 г.** (≈ 100 отраслей и продуктов), дата публикации 30.01.2020 г., периодичность раз в 5 лет за годы, оканчивающиеся на 1 и 6.

Бюро экономического анализа (США):

- ☐ Ежегодный МОБ за период с **1997–2021 гг.** (≈ 195 отраслей)
- ☐ Прогнозный МОБ для **2031 г.**
- ☐ Для некоторых периодов (к примеру, **2007** и **2015 гг.**) – **405** отраслей

- ❑ Особое значение имеет разработка региональных межотраслевых балансов, методологически и информационно совместимых с межотраслевым балансом страны.
- ❑ Целесообразна «регионализация» национального баланса для конструирования информационной базы региональных и межрегиональных межотраслевых моделей
- ❑ Важно рассчитывать показатели открытости экономики региона (расчет коэффициентов ввоза, вывоза, товарообмена)

Матрицы финансовых потоков

(1) анализ социально-экономических процессов, в том числе:

- ❖ оценка последствий структурной перестройки и диверсификации экономических систем, а также оценка возможностей и последствий импортозамещения;
- ❖ изучение потребительских предпочтений, уровня занятости, проблем неравенства, производительности, возможностей устранения диспропорций на рынке труда;
- ❖ оценка эффективности инвестиций, госрасходов и системы налогообложения, последствий перераспределения финансовых ресурсов, торговых дисбалансов;
- ❖ поиск возможностей для экономического роста и др.;

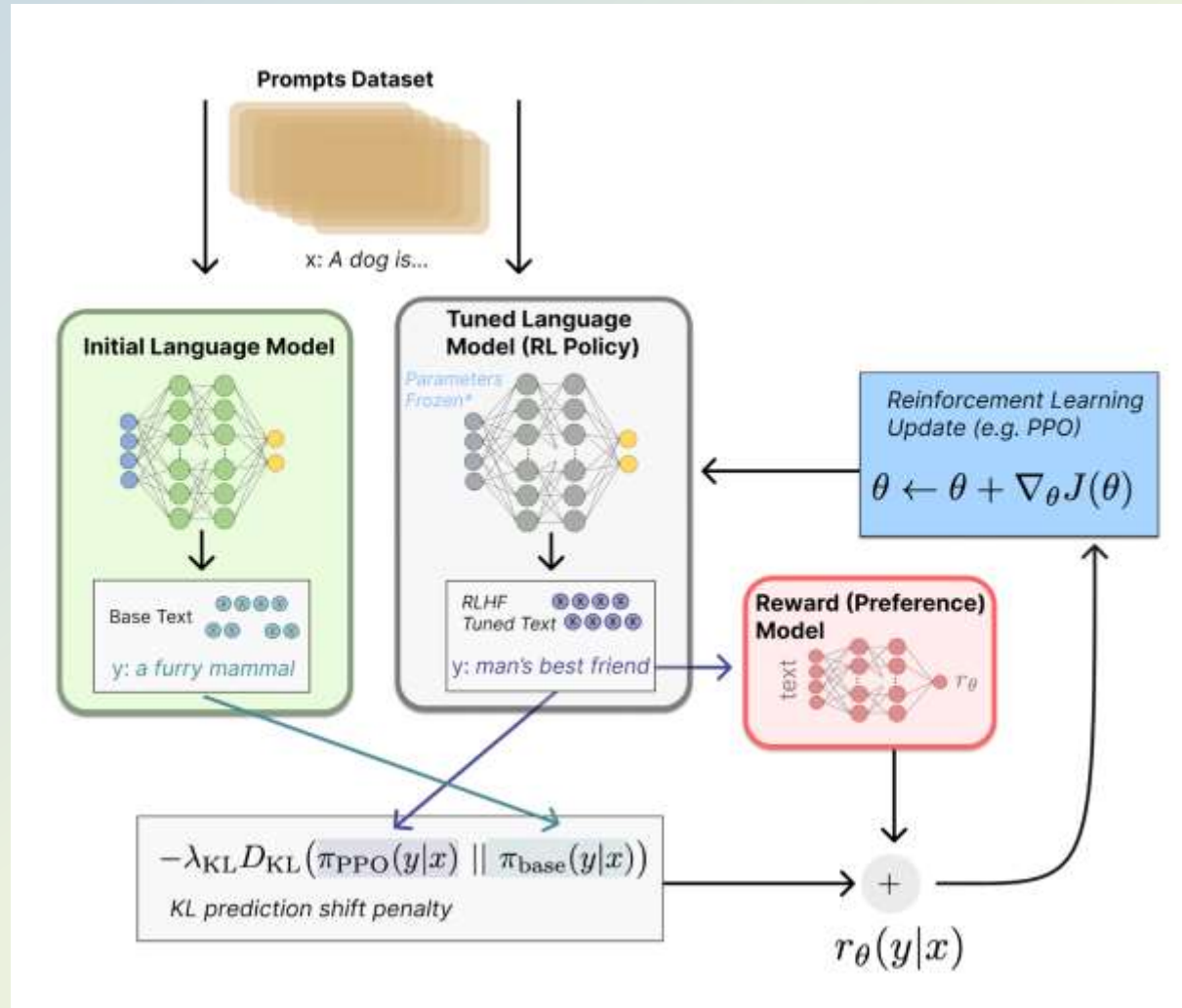
(2) обоснование управленческих мер, направленных на решение экологических проблем и борьбу с изменением климата, в том числе:

- ❖ оценка последствий изменения уровня выбросов в зависимости от модификации структуры экономики, технологической трансформации производства и др.;
- ❖ изучение последствий изменения климата для социальной и экономической сфер;

(3) изучение эволюции социально-экономических систем путем сопоставления матриц, составленных для разных временных периодов.

Одно из знаковых событий 2022 года в IT мире – запуск **ChatGPT**, Generative Pre-trained Transformer (разработка OpenAI) 30 ноября 2022 г.: <https://chat.openai.com>

- 175 млрд. параметров
- Разработан с использованием методов обучения с учителем и с подкреплением



AL

can you generate c# code for agent based model?



Yes, I can generate C# code for an agent-based model. Here is an example of how you might create an agent-class and a model class in C#:

This is just a simple example of an ABM that defines an agent class `Agent` and a model class `Model`. In this example, the agents are created with an initial wealth of 1 and each time step, an agent is randomly selected to perform its behavior.

It's important to note that this is just an example, you'll need to adjust the code according to your specific model and requirements. Also, ABM are complex models and you should have a good understanding of the problem you want to model and the behavior of the agents to create a realistic and useful model.

Please let me know if you have any specific question or if you want me to generate code for other specific ABM.

Copy code

```
using System;
using System.Collections.Generic;

class Agent
{
    public int ID { get; set; }
    public double Wealth { get; set; }

    public Agent(int id)
    {
        ID = id;
        Wealth = 1;
    }
}

class Model
{
    private List<Agent> agents;
    private Random rnd;

    public Model(int numAgents)
    {
        agents = new List<Agent>();
        rnd = new Random();

        for (int i = 0; i < numAgents; i++)
        {
            Agent a = new Agent(i);
            agents.Add(a);
        }
    }

    public void Step()
    {
        int randomIndex = rnd.Next(0, agents.Count);
        Agent selectedAgent = agents[randomIndex];
        // code to make the selected agent perform its behavior
    }
}
```

can you generate more complex code?



Yes, I can generate more complex code for agent-based models, depending on the requirements of the model. For example, if you need to include additional features such as communication between agents, different types of agents with different behaviors, or a more sophisticated schedule for activating agents, the code can become more complex.

It's important to note that creating a complex ABM requires a good understanding of the problem you want to model, the behavior of the agents, and the interactions between them. It also requires advanced programming skills and knowledge of the programming language being used.

Here's an example of a more complex agent-based model in C# that implements a simple form of communication between agents:

```
for (int i = 0; i < numAgents; i++)
{
    Agent a = new Agent(i);
    agents.Add(a);
}

// Connect agents randomly
for (int i = 0; i < numAgents; i++)
{
    Agent a = agents[i];
    int numNeighbors = rnd.Next(1, numAgents / 2);
    for (int j = 0; j < numNeighbors; j++)
    {
        Agent b = agents[rnd.Next(0, numAgents)];
        if (a != b && !a.Neighbors.Contains(b))
        {
            a.Neighbors.Add(b);
        }
    }
}

public void Step()
{
    int randomIndex = rnd.Next(0, agents.Count);
    Agent selectedAgent = agents[randomIndex];
    // code to make the selected agent perform its behavior
    // and send a message to one of its neighbors
    int neighborIndex = rnd.Next(0, selectedAgent.Neighbors.Count);
    Agent selectedNeighbor = selectedAgent.Neighbors[neighborIndex];
    selectedAgent.SendMessage(selectedNeighbor, "Hello, neighbor!");
}
}
```

```
using System;
using System.Collections.Generic;

class Agent
{
    public int ID { get; set; }
    public double Wealth { get; set; }
    public List<Agent> Neighbors { get; set; }

    public Agent(int id)
    {
        ID = id;
        Wealth = 1;
        Neighbors = new List<Agent>();
    }

    public void SendMessage(Agent recipient, string message)
    {
        recipient.ReceiveMessage(this, message);
    }

    public void ReceiveMessage(Agent sender, string message)
    {
        Console.WriteLine("Agent {0} received message '{1}' from agent {2}",
            ID, message, sender.ID);
    }
}

class Model
{
    private List<Agent> agents;
    private Random rnd;

    public Model(int numAgents)
    {
        agents = new List<Agent>();
        rnd = new Random();

        for (int i = 0; i < numAgents; i++)
```

This example includes a class `Agent` that has a list of neighbors, and a method `SendMessage` to send a message to one of its neighbors. The model class `Model` creates a number of agents and randomly connects them as neighbors. Each time step, one agent is randomly selected, performs its behavior and sends a message to one of its neighbors.

AL

can you realize demographic agent based model?



Yes, I can help you create a demographic agent-based model (ABM). In a demographic ABM, agents represent individuals or households, and their behavior and interactions are used to simulate population dynamics, such as births, deaths, migrations and other demographic events.

Here's an example of a basic demographic ABM in Python using the `mesa` library:

AL

realize it using c#



Yes, I can help you create a demographic agent-based model (ABM) in C#. In a demographic ABM, agents represent individuals or households, and their behavior and interactions are used to simulate population dynamics, such as births, deaths, migrations, and other demographic events.

Here's an example of a basic demographic ABM in C# that simulates the aging of a population:

Copy code

```
using System;
using System.Collections.Generic;

class PersonAgent
{
    public int ID { get; set; }
    public int Age { get; set; }
    public string Gender { get; set; }
    public bool IsAlive { get; set; }

    public PersonAgent(int id)
    {
        ID = id;
        Age = 0;
        Gender = "male";
        IsAlive = true;
    }

    public void Step()
    {
        Age++;
        if (Age >= 80)
        {
            IsAlive = false;
        }
    }
}

class PopulationModel
{
    private List<PersonAgent> population;
    private Random rnd;

    public PopulationModel(int numAgents)
    {
        population = new List<PersonAgent>();
        rnd = new Random();

        for (int i = 0; i < numAgents; i++)
        {
            PersonAgent a = new PersonAgent(i);
            a.Gender = rnd.Next(0, 2) == 0 ? "male" : "female";
            population.Add(a);
        }
    }

    public void
```

AL

can you make parallel version of it?



Yes, I can help you create a parallel version of a demographic agent-based model (ABM) in C#. There are several ways to make an ABM parallel, depending on the specific requirements of the model and the hardware available.



One way to make an ABM parallel is to use multi-threading, which allows you to run multiple threads in parallel on a single machine. In C#, you can use the `System.Threading` namespace to create and manage threads. Here is an example of how you might use multi-threading to make the previous demographic ABM parallel:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading;

class PersonAgent
{
    public int ID { get; set; }
    public int Age { get; set; }
    public string Gender { get; set; }
    public bool IsAlive { get; set; }

    public PersonAgent(int id)
    {
        ID = id;
        Age = 0;
        Gender = "male";
        IsAlive = true;
    }

    public void Step()
    {
        Age++;
        if (Age >= 80)
        {
            IsAlive = false;
        }
    }
}

class PopulationModel
{
    private List<PersonAgent> population;
    private Random rnd;

    public PopulationModel(int numAgents)
    {
        population = new List<PersonAgent>();
        rnd = new Random();

        for (int i = 0; i < numAgents; i++)
        {
            PersonAgent a = new PersonAgent(i);
            a.Gender = rnd.Next(0, 2) == 0 ? "male" : "female";
            population.Add(a);
        }
    }

    public void Run(int numThreads)
    {
        // Split the population into numThreads chunks
        int chunkSize = population.Count / numThreads;
        List<List<PersonAgent>> chunks = new List<List<PersonAgent>>();
        for (int i = 0; i < numThreads; i++)
        {
            int startIndex = i * chunkSize;
            int endIndex = startIndex + chunkSize - 1;
            if (i == numThreads - 1)
            {
                // Last chunk, include remaining elements
                endIndex = population.Count - 1;
            }
            List<PersonAgent> chunk = new List<PersonAgent>(population.GetRange(startIndex, endIndex - startIndex + 1));
            chunks.Add(chunk);
        }

        // Run each chunk in parallel
        Parallel.ForEach(chunks, chunk =>
        {
            foreach (var agent in chunk)
            {
                agent.Step();
            }
        });
    }
}
```

AL

can you add procedure that realize migration method in this code?



Yes, I can help you add a migration method to the demographic agent-based model (ABM) in C#. Migration can be modeled in many ways in an ABM, depending on the specifics of the problem and the available data. Here is an example of how you might add a migration method to the previous ABM that randomly selects an agent and moves it to a different location:



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading;

class PersonAgent
{
    public int ID { get; set; }
    public int Age { get; set; }
    public string Gender { get; set; }
    public bool IsAlive { get; set; }
    public string Location { get; set; }

    public PersonAgent(int id)
    {
        ID = id;
        Age = 0;
        Gender = "male";
        IsAlive = true;
        Location = "A";
    }

    public void Step()
    {
        Age++;
        if (Age >= 80)
        {
            IsAlive = false;
        }
    }

    public void Migrate()
    {
        List<string> locations = new List<string> { "A", "B", "C", "D", "E" };
        locations.Remove(Location);
        int randomIndex = rnd.Next(0, locations.Count);
        Location = locations[randomIndex];
    }
}

class PopulationModel
{
    private List<PersonAgent> population;
    private Random rnd;

    public PopulationModel(int numAgents)
    {
        population = new List<PersonAgent>();
        rnd = new Random();

        for (int i = 0; i < numAgents; i++)
        {
            PersonAgent a = new PersonAgent(i);
            a.Gender = rnd.Next(0, 2) == 0 ? "male" : "female";
            population.Add(a);
        }
    }

    public void Run(int numThreads)
```

This is a simple example of an agent-based model that simulates a population of agents that grow older over time. The `Agent` class has properties for age and whether the agent is alive, as well as methods for growing older, giving birth, and migrating. The `Population` class has a list of agents and a method for "ticking" the simulation, which updates the agents' ages and handles death, birth, and migration.

Note that this is just a skeleton of the code, and you would need to add more complexity to the model such as probability of death, birth, migration or other factors that could influence the population. It's important to understand that a Agent based model is a complex topic and would require a lot of research, testing and development to make it work properly.

```
using System;
using System.Collections.Generic;

class Agent
{
    public int Age { get; set; }
    public bool Alive { get; set; }

    public Agent(int age)
    {
        Age = age;
        Alive = true;
    }

    public void GrowOlder()
    {
        Age++;
        if (Age > 100)
        {
            Alive = false;
        }
    }

    public void GiveBirth()
    {
        // code to give birth to a new agent
    }

    public void Migration()
    {
        // code to migrate agent
    }
}

class Population
{
    public List<Agent> Agents { get; set; }

    public Population(int size)
    {
        Agents = new List<Agent>();
        for (int i = 0; i < size; i++)
        {
            Agents.Add(new Agent(0));
        }
    }

    public void Tick()
    {
        for (int i = 0; i < Agents.Count; i++)
        {
            Agent agent = Agents[i];
            agent.GrowOlder();
            if (!agent.Alive)
            {
                // code to handle death
            }
            else
            {
                // code to handle birth and migration
            }
        }
    }
}
```

AL can you realize example of probability within this code?

 Sure, here is an example of how you might implement probability of death, birth, and migration within the `Population` class's `Tick` method:

In this example, I've added code to calculate the probability of death, birth, and migration based on the agent's age. The death probability increases as the agent gets older, while the birth probability increases when the agent is between the ages of 20 and 30, and the migration probability increases when the agent is between the ages of 20 and 40. The `Random.NextDouble` method is used to generate a random number between 0 and 1, and this number is compared to the probability to determine whether the event should occur.

It's important to note that the probabilities defined here are just examples and may not reflect realistic values. Also, you may want to incorporate additional factors, such as gender and health status, that influence these probabilities.

```
public void Tick()
{
    for (int i = 0; i < Agents.Count; i++)
    {
        Agent agent = Agents[i];
        agent.GrowOlder();
        if (!agent.Alive)
        {
            // code to handle death
        }
        else
        {
            // probability of death based on age
            double deathProbability = 0.01; // 1%
            if (agent.Age > 50) deathProbability = 0.05; // 5%
            if (agent.Age > 70) deathProbability = 0.1; // 10%
            if (agent.Age > 80) deathProbability = 0.2; // 20%
            if (new Random().NextDouble() < deathProbability)
            {
                agent.Alive = false;
                continue;
            }

            // probability of birth based on age
            double birthProbability = 0.01; // 1%
            if (agent.Age > 20 && agent.Age < 30) birthProbability = 0.05; // 5%
            if (new Random().NextDouble() < birthProbability)
            {
                agent.GiveBirth();
            }

            // probability of migration based on age
            double migrationProbability = 0.01; // 1%
            if (agent.Age > 20 && agent.Age < 40) migrationProbability = 0.05; // 5%
            if (new Random().NextDouble() < migrationProbability)
            {
                agent.Migration();
            }
        }
    }
}
```

AL

can you realize parallel version of the whole model?



Certainly, here's an example of how you might implement a parallel version of the demographic agent-based model using the `Parallel` class from the `System.Threading.Tasks` namespace:

In this example, I've used the `Parallel.ForEach` method to parallelize the loop that processes each agent in the population. This method divides the work of the loop across multiple threads, allowing the agents to be processed concurrently. This can lead to a significant performance improvement, especially when dealing with large populations.

It's important to note that parallelizing the code can be tricky, and you need to be careful when working with shared data. In this case, the Agents list is shared among all parallel tasks, and you may need to use locks or other synchronization mechanisms to ensure that the agents are updated correctly.

Also, it's important to test your parallel version of the model and compare it with the sequential version, taking into account the hardware you are running it on and the size of your population. In some cases, parallelization may not be the best solution, due to the overhead of managing threads.

```
using System.Threading.Tasks;

class Population
{
    public List<Agent> Agents { get; set; }

    public Population(int size)
    {
        Agents = new List<Agent>();
        for (int i = 0; i < size; i++)
        {
            Agents.Add(new Agent());
        }
    }

    public void Tick()
    {
        // Parallelize the loop to process agents concurrently
        Parallel.ForEach(Agents, agent =>
        {
            agent.GrowOlder();
            if (!agent.Alive)
            {
                // code to handle death
            }
            else
            {
                // probability of death based on age
                double deathProbability = 0.001; // 0.1%
                if (agent.Age > 20) deathProbability = 0.002; // 0.2%
                if (agent.Age > 30) deathProbability = 0.005; // 0.5%
                if (agent.Age > 40) deathProbability = 0.01; // 1%
                if ((new Random().NextDouble()) < deathProbability)
                {
                    agent.Alive = false;
                    return;
                }

                // probability of birth based on age
                double birthProbability = 0.001; // 0.1%
                if (agent.Age > 20 && agent.Age < 30) birthProbability = 0.002; // 0.2%

                if ((new Random().NextDouble()) < birthProbability)
                {
                    agent.GiveBirth();
                }

                // probability of migration based on age
                double migrationProbability = 0.001; // 0.1%
                if (agent.Age > 20 && agent.Age < 30) migrationProbability = 0.002; // 0.2%

                if ((new Random().NextDouble()) < migrationProbability)
                {
                    agent.Migration();
                }
            }
        });
    }
}
```



can you realize computable general equilibrium model using c# ?



Yes, I can help you create a computable general equilibrium (CGE) model in C#. CGE models are a class of economic models that are used to simulate the interactions between different sectors of an economy, such as the impact of changes in trade policies or changes in resource availability on the economy as a whole.



Creating a CGE model in C# can be done by using linear programming libraries such as CPLEX, Gurobi or other optimization libraries. These libraries provide functionality for defining and solving linear and non-linear optimization problems, which can be used to solve the system of equations that defines a CGE model.

Here's an example of how you might use CPLEX to solve a CGE model in C#:

```
using Ilog.Cplex;

class CGE_Model
{
    private Cplex cplex;

    public CGE_Model()
    {
        cplex = new Cplex();
    }

    public void Solve()
    {
        // Define decision variables
        INumVar[] x = cplex.NumVarArray(3, 0, Double.MaxValue);

        // Define objective function
        cplex.AddMinimize(cplex.ScalProd(x, new double[] {1, 2, 3}));

        // Define constraints
        cplex.AddEq(cplex.Sum(x), 100);
        cplex.AddLe(cplex.Diff(x[0], x[1]), 20);
        cplex.AddLe(cplex.Diff(x[1], x[2]), 30);

        // Solve the model
        cplex.Solve();

        // Print the solution
        Console.WriteLine("Solution status: " + cplex.GetStatus());
        Console.WriteLine("Objective value: " + cplex.ObjValue);
        double[] sol = cplex.Get
```

can you realize more complex cge model? with several economic sectors?

Yes, I can help you create a more complex computable general equilibrium (CGE) model in C#, that includes several economic sectors. A more complex CGE model would typically include multiple sectors, each with their own production function, as well as a set of equations that describe the interactions between the different sectors, such as the demand for goods and services, the labor market, and the capital market.

In order to create a more complex CGE model, we need a dataset with more detailed information, such as input-output tables, labor market data, capital market data, and other economic data.

A more complex CGE model would typically include a large number of equations and variables, and solving such a model would require the use of optimization libraries such as CPLEX, Gurobi, or other libraries that can solve large-scale non-linear systems of equations.

Here's an example of how you might create a CGE model with multiple sectors in C#:

```
using Ilog.Cplex;

class CGE_Model
{
    private Cplex cplex;
    private int numSectors;

    public CGE_Model(int numSectors)
    {
        cplex = new Cplex();
        this.numSectors = numSectors;
    }

    public void Solve()
    {
        // Define decision variables
        INumVar[][] x = new INumVar[numSectors][];
        for (int i = 0; i < numSectors; i++)
        {
            x[i] = cplex.NumVarArray(numSectors, 0, Double.MaxValue);
        }

        // Define objective function
        IObjective obj = cplex.AddMinimize();
        for (int i = 0; i < numSectors; i++)
        {
            for (int j = 0
```

ChatGPT

- Генерирует качественный код, который можно использовать даже без изменений (точно без проблем в виде приложений к дипломным и диссертационным работам)
- Построение каркаса модели для последующей доработки
- Получение актуальной информации об эффективном способе реализации программного кода, использовании лучших библиотек
- Быстрая реализация тривиальных операций

Скорее всего следующие реализации (либо ChatGPT либо конкуренты) через год-два могут серьезно скорректировать IT рынок

- Модель ChatGPT – 175 млрд. параметров
- Модель Switch Transformer – 1600 млрд. параметров

2022 г.:

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ БУДУЩЕГО



МАКАРОВ ВАЛЕРИЙ ЛЕОНИДОВИЧ
академик РАН
д. ф.-м. н., профессор

Ученик Л. В. Канторовича, советский и российский экономист и математик. Академик АН СССР и РАН (1990, член-корреспондент с 1979 г.).
Директор Центрального экономико-математического института РАН (1985-2017). Декан экономического факультета Государственного академического университета гуманитарных наук (ГАУН).



БАХТИЗИН АЛЬБЕРТ ТРАУФОВИЧ
член-корреспондент РАН
д. э. н., профессор РАН

Ученик В. Л. Макарова, российский ученый, специалист в области математического моделирования социально-экономических процессов, в т. ч. применения для этого суперкомпьютерных технологий.
Директор ЦЭМИ РАН (с 2017 г.).



ЛОГИНОВ ЕВГЕНИЙ ЛЕОНИДОВИЧ
д. э. н., профессор РАН
дважды лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники (секции «Информационные и вычислительные системы» и «Энергетика и энергосбережение»)

Ученик В. М. Готлобера, российский ученый, специалист в области экономической и энергетической безопасности, разработки и применения интеллектуальных информационных систем.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ
ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ БУДУЩЕГО

В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Е. Л. Логинов

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ БУДУЩЕГО

**ЦЭМИ АН СССР и ЦЭМИ РАН:
прогностическая интерпретация и развитие
научного наследия нобелевских лауреатов
Л. В. Канторовича и В. В. Леонтьева**

STATE ACADEMIC UNIVERSITY FOR THE HUMANITIES
SCIENTIFIC PUBLICATIONS DEPARTMENT



Makarov V.L.

Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian largest specialist in the field of computer modeling of socio-economic processes. Scientific Director of the Central Economy and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, President of the Russian School of Economics (New Economic School), Director of the Higher School of Public Administration of the Moscow State University.



Bakhtizin A.R.

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the General Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Member of the Moscow State University Council, U.S. member of the World Bank Institute, Cambridge, holder of professional certificate from Microsoft, Computer-Mathematical Certified Professional, Microsoft Certified Solution Developer, Microsoft Certified Solution Provider.



Epstein J.M.

Professor of Epidemiology at the CDC School of Public Health, and founding Director of the CDC Agent-Based Modeling Laboratory, with additional faculty appointments in the General Institute of Mathematical Sciences and the Department of Politics.

STATE ACADEMIC UNIVERSITY FOR THE HUMANITIES
SCIENTIFIC PUBLICATIONS DEPARTMENT

Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Epstein J.M.

Agent-Based Modeling for a Complex World



SCIENTIFIC PUBLICATIONS DEPARTMENT, GAUGN

Содержание:

1. Исторический экскурс
2. Эпидемиология
3. Имитация и оптимизация пешеходного движения (включая процессы эвакуации)
4. Моделирование демографических процессов
5. Моделирование транспортных систем

6. Прогнозирование окружающей среды
7. Землепользование
8. Городское планирование
9. Компьютерная реконструкция исторических эпизодов
10. Моделирование конфликтов
11. Исследование социальных сетей
12. Экономика

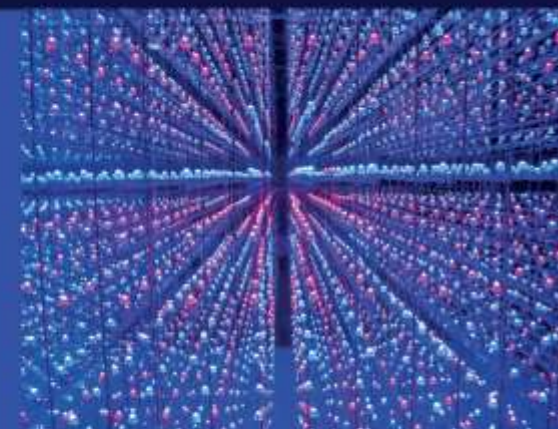
ведущий в России специалист в области компьютерного моделирования сложных социальных процессов, бывший руководитель Государственного научно-исследовательского института РАН, директор Высшей школы экономической науки, директор Высшей школы государственного администрирования Московского государственного университета.

Александр Рифович БАХТИЗИН – член корреспондент РАН, доктор (Специальный) экономики, математического института РАН, директор Московского государственного университета, Суперкомпьютерный специалист по САМ-системам (специализация в моделировании биологических процессов), специалист по структурной моделированию (Microsoft Certified Professional, Microsoft Certified Solution Developer, Microsoft Certified Solution Provider).

Джонатан М. ЭПШТЕЙН – профессор эпидемиологии в Школе общественного здравоохранения Бюро Паркинсона университета, директор-основатель Лаборатории компьютерного моделирования Нью-Йоркского университета, адъюнкт-профессор в Управлении институтом математических наук.



В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Дж. Эпштейн



АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДЛЯ СЛОЖНОГО МИРА



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГУМАНИТАРНЫХ НАУК
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ

АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко,
М.Ю. Сидоренко, Б.Р. Хабриев

АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ



2022 г.:

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГУМАНИТАРНЫХ НАУК
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ

ВЫЧИСЛИМЫЕ МОДЕЛИ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ

В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин,
М.Ю. Сидоренко, Б.Р. Хабриев

ВЫЧИСЛИМЫЕ МОДЕЛИ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГУМАНИТАРНЫХ НАУК
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЙ

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЩЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д.,
Сидоренко М.Ю., Хабриев Б.Р.

СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБЩЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

