

Этюд о вычислительных технологиях и моделировании на факультете ВМК

Обзор деятельности лишь одной (!) из 20 кафедр факультета ВМК

<https://www.inm.ras.ru/vtm/>

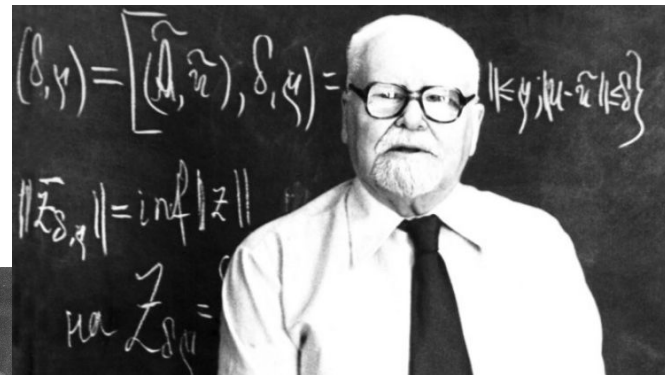
<https://cs.msu.ru/departments/vtm>

t.me/vtmmsuchair

Факультет ВМК комнаты 589 и 596

С особой благодарностью коллегам по кафедрам ВТМ, ВТМГБ МФТИ и ИВМ РАН за помощь в подготовке слайдов!

Лирическое и историческое отступление



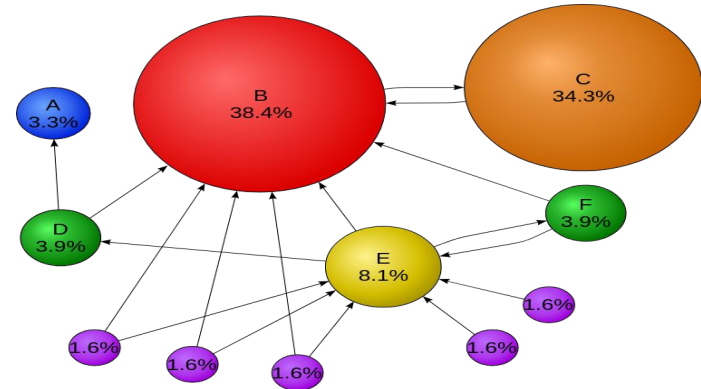
Триада: модель – алгоритм – программа

Пример задачи: ранжирование страниц в интернете

Пусть дана система страниц / научных статей, между которыми есть ссылки друг на друга.

- Можно ли упорядочить эти страницы по авторитетности?
- Как построить уравнение этого “упорядочения”?
- Как доказать, что упорядочение всегда существует, единственно, и не зависит от нашего упорядочения страниц?

Ответы на эти вопросы дали Сергей Брин и Ларри Пейдж в 1996 году.



Что им потребовалось?

- Глубокое знание разделов математики: математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей, дискретной математики, численных методов,
- Инженерные навыки: умение “отобразить” алгоритм на архитектуру компьютера и провести вычисления эффективно.

Всему этому (и чуть больше) учат на факультете ВМК

Некоторые направления исследований по матричным и тензорным методам

Алгоритмы построения и вопрос поиска “хороших” матриц

$$\begin{bmatrix} \text{matrix} \end{bmatrix}_A = \begin{bmatrix} \text{matrix} \end{bmatrix}_{\hat{C}} = \begin{bmatrix} \text{matrix} \end{bmatrix}_{\hat{A}^{-1}} \begin{bmatrix} \text{matrix} \end{bmatrix}_{\hat{R}}$$

good submatrix

Результатов: примерно 89 200 (0,31 сек.)

How to find a good submatrix

SA Gorelnoy, IV Ostalede... V. Olshevsky and E., 2010 - books.google.com
Abstract. Pseudoskeleton approximation and some other problems require the knowledge of sufficiently well-conditioned submatrix in a largescale matrix. The quality of a submatrix can be measured by modulus of its determinant, also known as volume. In this paper we discuss
Цитируется: 89 Похожие статьи Все версии статьи (3) Цитировать Сохранить

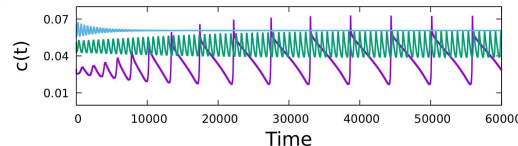
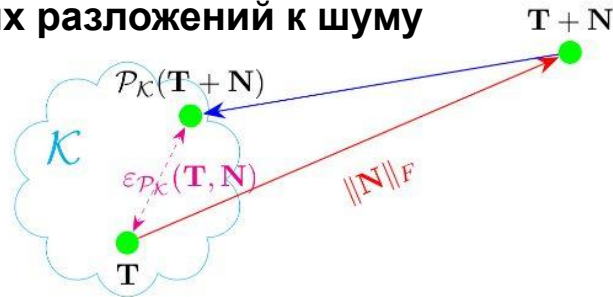
A good submatrix is hard to find

JJ Bartholdi - Operations Research Letters, 1982 - Elsevier

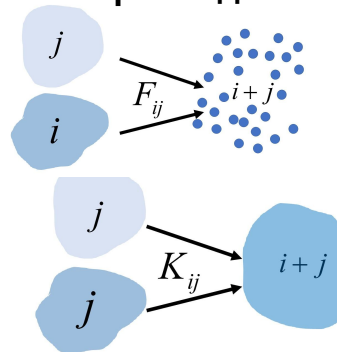
Abstract Given a matrix, it is NP-hard to find a large column, row, or arbitrary submatrix that satisfies property π , where π is nontrivial, holds for permutation matrices, and is hereditary on submatrices. Such properties include totally unimodular, transformable to a network
Цитируется: 36 Похожие статьи Все версии статьи (2) Цитировать Сохранить



Исследования причин устойчивости тензорных разложений к шуму

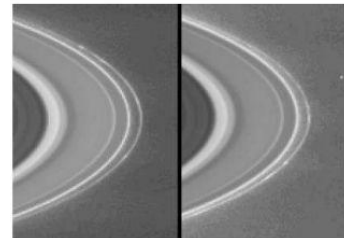


Использование матриц и тензоров малого ранга для исследований кинетики агрегации



Team sheds light on the mysteries of Saturn's rings

January 29, 2018, Skolkovo Institute of Science and Technology

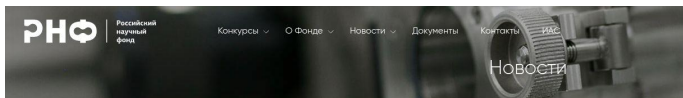
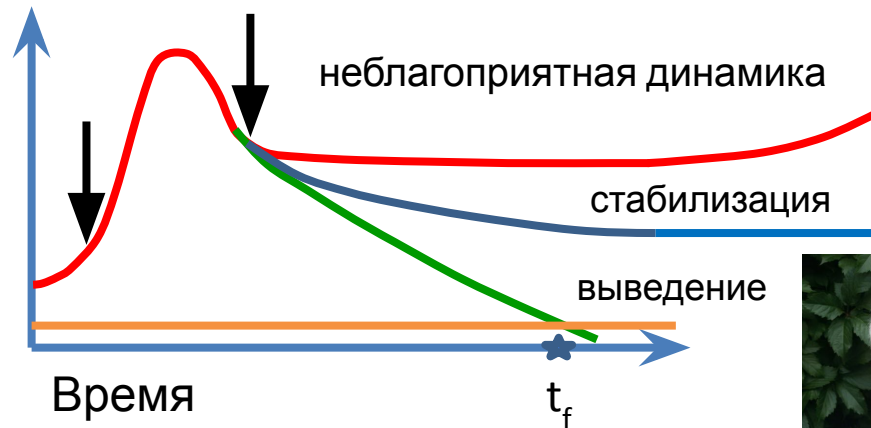


Saturn's rings clumps Credit: NASA/JPL/Space Science Institute

Математика и ответы на вопросы о здоровье

Вирусная
нагрузка

Задача оптимизации лечения



26 сентября, 2022 — 13:17

Ученые предложили новую концепцию лечения ВИЧ-инфекции

Источник: пресс-служба РНФ

Разрабатываемые стратегии лечения хронических вирусных инфекций, например, вызываемых ВИЧ и вирусами гепатита, направлены, как правило, на уничтожение патогенов, что довольно сложно, поскольку они скрываются внутри зараженных клеток. Российские ученые с испанскими коллегами предложили альтернативный подход — использовать естественные механизмы мультистабильности и мультипликативности, когда иммунная система сосуществует с возбудителем, хотя и не всегда с пользой для последнего. Для этого нужно активировать сразу два звена иммунитета — клеточный и антителный, в результате чего организм сможет сам, без медикаментозной поддержки, снизить уровень вирусной нагрузки, и тем самым существенно ослабить инфекционный процесс. Условия достижения такого состояния функционального излечения (стабильности с малой вирусной нагрузкой) описаны в работе, выполненной при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) и опубликованной на страницах журнала *Frontiers in Immunology*.

1. Программное управление (принцип максимума Понтрягина) (уравнения динамики точны).
2. Позиционное управление: адаптация управления по измеряемому состоянию системы (модель не точна).

Математика и ответы на вопросы о здоровье



Научная Россия

НОВОСТИ

СТАТЬИ

ЛЕКЦИИ

ИНТЕРВЬЮ

«ПОСЧИТАТЬ» СЕРДЦЕ

30.05.2024 10:30

4549

Добавить в закладки

Каким образом математика может помогать в решении прикладных медицинских задач? Что такое биоматематика? Может ли компьютерная модель заменить врача? В каких конкретно направлениях используются такие модели и почему это важно? Об этом рассказывает член-корреспондент РАН Юрий Викторович Василевский, заместитель директора Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, заведующий кафедрой высшей математики, механики и математического моделирования Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, заведующий кафедрой вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике МФТИ, руководитель научного направления «Математическое моделирование в биомедицине и геофизике» НТУ «Сириус».

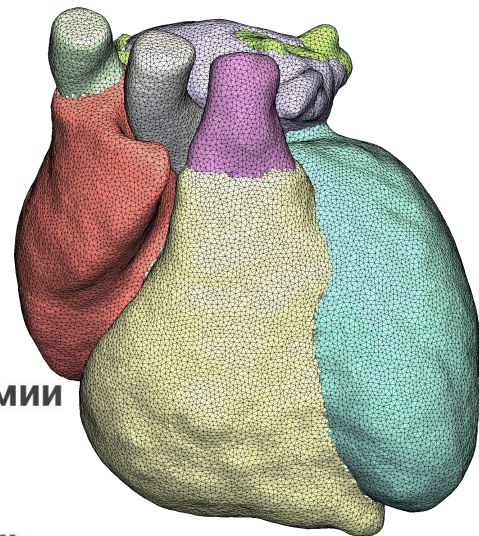


Лидер коллектива

Василевский Юрий Викторович

В Санкт-Петербурге молодым математикам России вручены премии Фонда «Талант и успех»

Церемония открытия IV конференции математических центров России завершилась вручением премий Образовательного Фонда «Талант и успех» за значительные достижения в научных исследованиях в области математических наук.



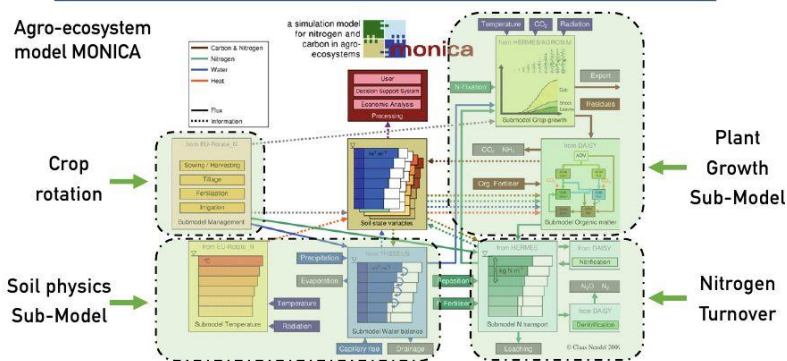
Интерпретируемые математические модели, нейросети, суперкомпьютеры

- Можно строить модель, исходя из “первых принципов” (то есть знания законов природы),
- Если закон природы трудно сформулировать, можно обучать нейронную сеть на данных, а потом анализировать свойства полученного отображения,
- Можно анализировать применимость “чужой” математической модели для “наших” условий.

Здесь опять нужны знания многих разделов математики в сочетании с инженерными навыками, в том числе работе на суперкомпьютерах.

Этому на факультете учат (!), учат всех студентов.

В среднем выпускник факультета ВМК за 3-6 месяцев осваивает и навык самостоятельной “сборки” небольшого суперкомпьютера.



Crop model >200 parameters

ТАСС НАУКА

7 АВГ 2020, 11:12

Суперкомпьютер привлекли к повышению урожайности в Черноземье

Расчеты специалисты проводили на данных по севообороту сахарной свеклы, ячменя и сои

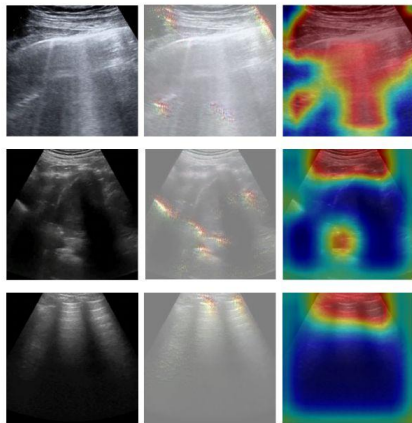


Читайте ТАСС в

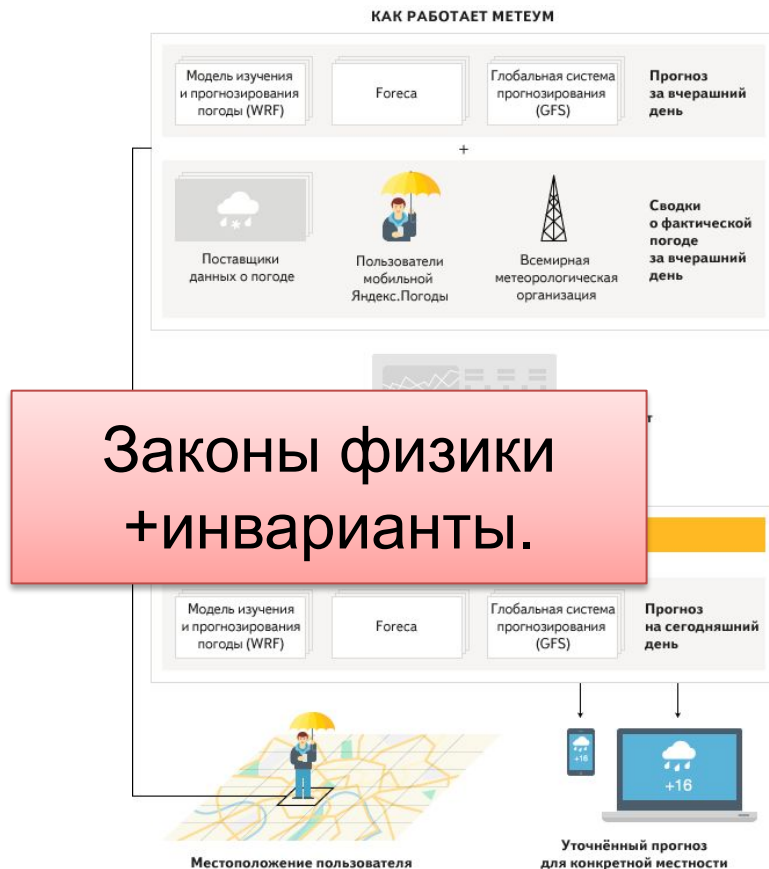
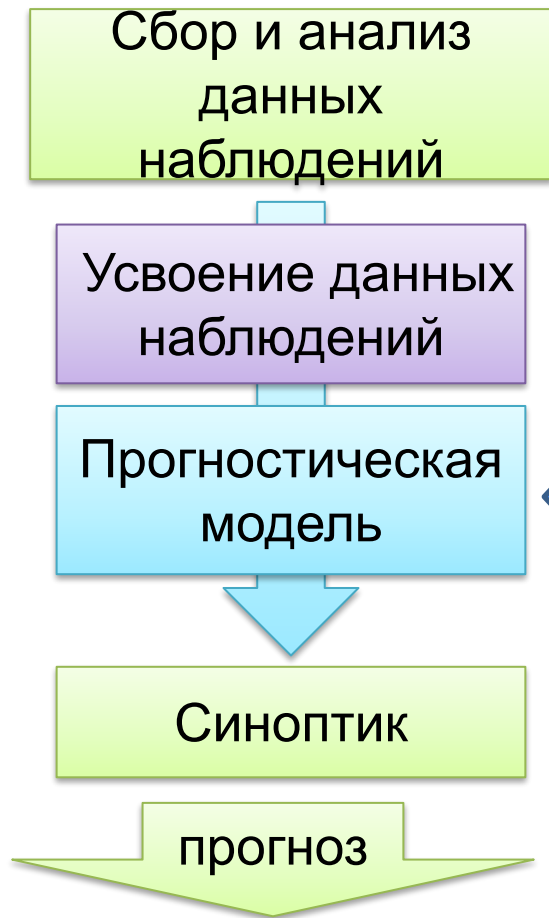
Новости

Дзен

ТАСС, 7 августа. Российские ученые использовали суперкомпьютер “Жорес” для того, чтобы оценить состояние почвы и других факторов урожайности в Черноземье. Благодаря этому можно будет прогнозировать и повышать ее. Результаты исследования опубликованы в материалах International Conference on Computational Science 2020, кратко об этом пишет пресс-служба Сколковского института науки и технологий.

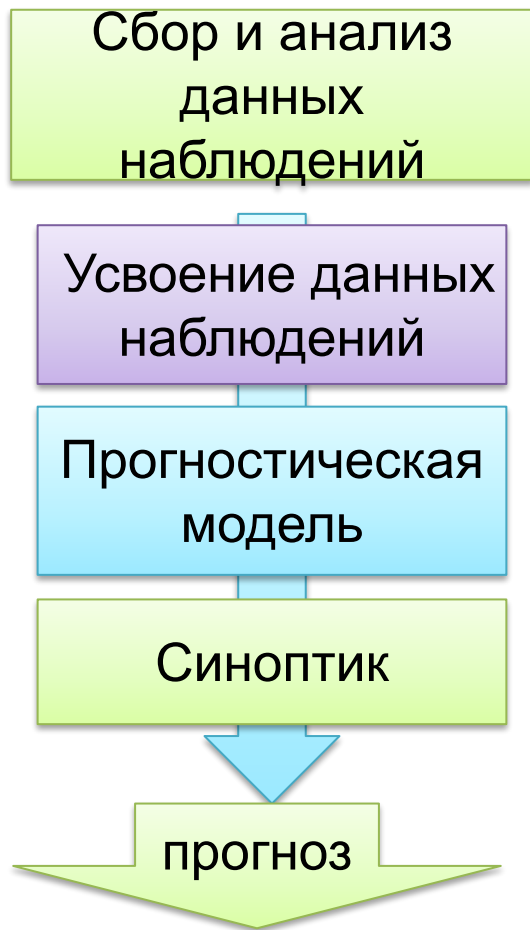


Технология прогноза погоды



Картинка: <https://yandex.ru/company/technologies/meteum/>

ИИ в Технологии прогноза погоды?



Google AI Blog

Using Machine Learning to “Nowcast” Precipitation in High Resolution

Monday, January 13, 2020

Posted by Jason Hickey, Senior Software Engineer, Google Research

“We treat weather prediction as an image-to-image translation problem, and leverage the current state-of-the-art in image analysis: convolutional neural networks (CNNs).”

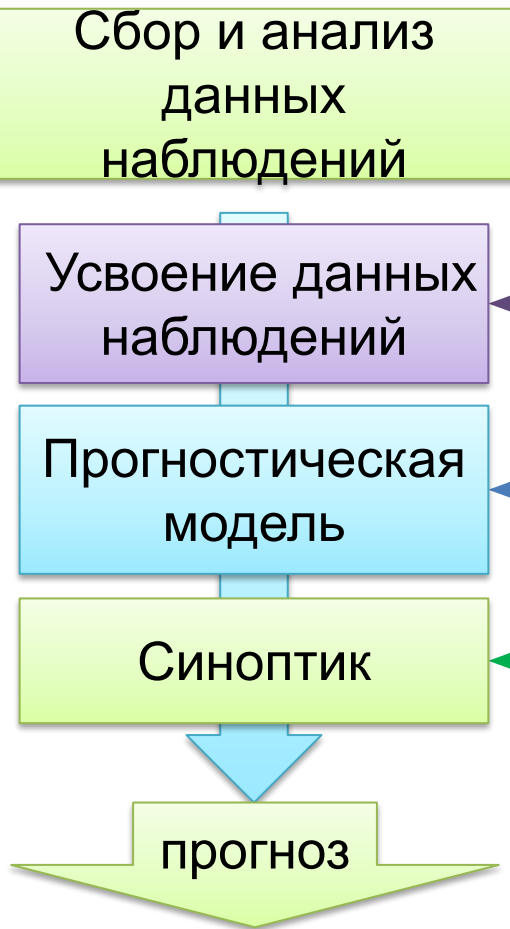
<https://ai.googleblog.com/2020/01/using-machine-learning-to-nowcast.html>

Как Яндекс прогнозирует погоду

Мы разработали уникальную технологию — Метеум. Она умеет строить прогноз погоды с точностью до районов города и даже до отдельных домов. Метеум сочетает классические метеорологические модели и технологии машинного обучения. Это позволяет **сконцентрировать машинное обучение на том, чтобы уточнить существующие модели** и учесть локальные особенности. А следовательно — давать более точный прогноз и делать меньше ошибок.

<https://yandex.ru/company/technologies/meteum/>

ИИ в Технологии прогноза погоды?



Learning earth system models from observations: machine learning or data assimilation?

Alan J. Geer

ECMWF Technical Memo 863

<https://www.ecmwf.int/file/288231/download?token=fCifq6m2>

Using Machine Learning to Parameterize Moist Convection: Potential for Modeling of Climate, Climate Change, and Extreme Events

Paul A. O’Gorman John G. Dwyer

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018MS001351>

A Deep Convolutional Neural Network Model for improving WRF Forecasts

Alqamah Sayeeda, et al.

“We train the CNN model with a four-year history (2014-2017) to investigate the patterns in WRF biases and then reduce these biases in forecasts for surface wind speed and direction, precipitation, relative humidity, surface pressure, dewpoint temperature, and surface temperature.”

<https://arxiv.org/pdf/2008.06489.pdf>

Neural Networks for Postprocessing Ensemble Weather Forecasts

Stephan Rasp and Sebastian Lerch

<https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/146/11/mwr-d-18-0187.1.xml>

Нейросетевые технологии позволяют уточнять прогноз

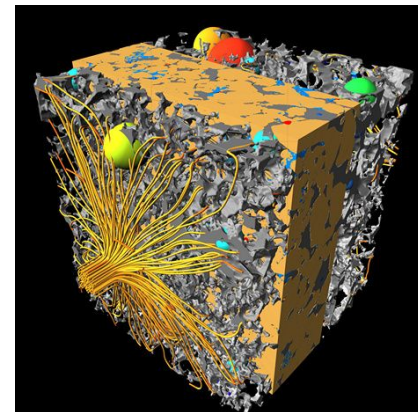
Быков Ф.Л. СТАТИСТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ ПО МОДЕЛИ COSMO С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, Метеорология и гидрология. 2020. № 3. С. 5-20.

Области применения геофизических моделей

- Прогноз «погоды» на 10 и более лет, исследование климата Земли в прошлом.
- Северный морской путь и освоение Арктики.
- Добыча природных ресурсов (в т.ч. шельф), сельское хозяйство.
- Потребление энергоресурсов, экологии и т.д.
- Оценка рисков явлений, вызванных изменениями климата.



■ непрерывная вечная мерзлота; глубина более 500 м
■ непрерывная вечная мерзлота; глубина 300–500 м
■ непрерывная вечная мерзлота; глубина 100–300 м
■ непрерывная вечная мерзлота; глубина 100 м
■ Отдельные участки вечной мерзлоты; глубина 25 м



Кафедра вычислительных технологий и моделирования

- Организована в 2004 году
- Теснейшим образом связана с институтом
Вычислительной Математики им. Г. И. Марчука РАН

Основные научные направления включают:

- методы и технологии численного анализа
(профиль докладчика :-))
- моделирование природной среды и климата
- численные методы в задачах аэро- и электродинамики
- моделирование в медицине и биоматематике.

<https://www.inm.ras.ru/vtm/>

<https://cs.msu.ru/departments/vtm>

У факультета при этом есть тесная связь с
ИСП РАН, ФИЦ ИУ РАН
и другими организациями



Кафедра вычислительных технологий и моделирования

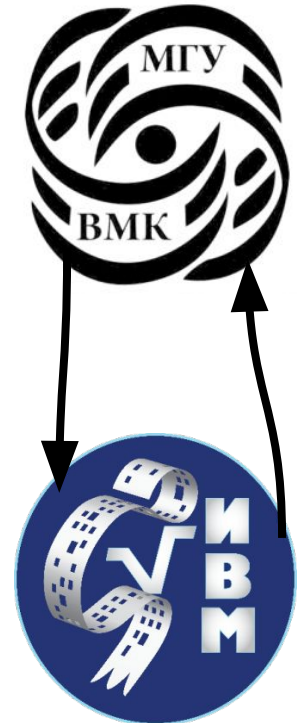
- академик РАН [Е. Е. Тыртышников](#)
- член-корреспондент РАН [Ю. В. Василевский](#)
- профессор [В. И. Агошков](#)
- профессор [А. Б. Богатырев](#)
- профессор [Г. А. Бочаров](#)
- профессор [И. В. Оселедец](#)
- профессор [А. А. Романюха](#)
- профессор [А. В. Сетуха](#)
- профессор [М. А. Толстых](#)
- доцент [Н. Л. Замарашкин](#)
- доцент [С. Г. Руднев](#)
- доцент [Е. И. Пармузин](#)
- доцент [С. А. Матвеев](#)
- ассистент [Д. А. Желтков](#)
- ассистент [О. С. Лебедева](#)



При этом **любой сотрудник ИВМ РАН** может быть со-руководителем дипломной/курсовой работы!

Кафедра вычислительных технологий и моделирования

- Сеть контактов с ведущими научными организациями в России (НИВЦ МГУ, Росгидромет, ИБРАЭ, МФТИ, Институт океанологии им. Ширшова, ИФА РАН)
- Сотрудники ИВМ РАН имели непосредственное отношение к работе Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), которой в 2007 году была присуждена Нобелевская премия мира. В 2021 году Нобелевская премия по физике вручена за моделирование совместной циркуляции атмосферы и океана
- Опыт работы с индустриальными заказчиками: Huawei, Роснефть, Exxon Mobil, Bosch, приглашенные лекции в Ozon Masters, MADE VK, университете Сбербанка, Yandex и пр.
- Активная работа над грантами РНФ и министерскими программами с участием студентов и аспирантов,
- Летние школы: школа CITES, школы и конференции на базе НТУ Сириус и совместного университета МГУ-ППИ в Шэньчжэне

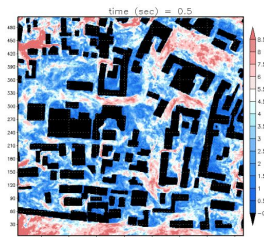


Многомасштабное моделирование Земной системы

В ИВМ РАН разработана единственная в России модель Земной системы, которая с 2003 года принимает участие в проекте по сравнению моделей IPCC (проводится МГЭИК).

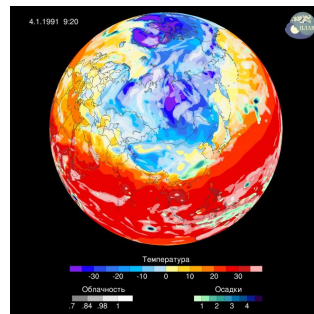
В 2020 году 9 из 100 мощнейших суперкомпьютеров мира установлены в национальных Метеорологических центрах.

Моделирование турбулентности

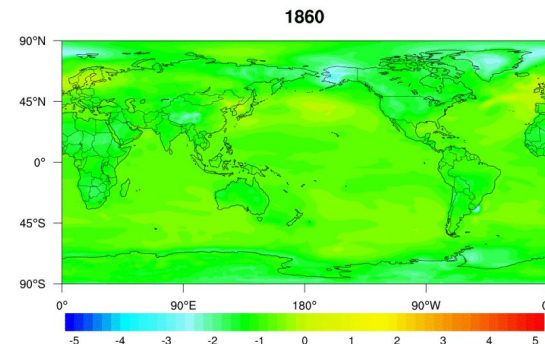


Пограничный слой
атмосферы.
Метры,
Нижняя тропосфера,
Часы.

Прогноз погоды



Атмосфера, океан, морской
лед.
Десятки километров - глобус,
Тропосфера и стратосфера,
Дни-месяцы.



Атмосфера, океан, морской лед, озера
ледниковые щиты, атмосферная химия
и электричество, биохимия океана.
Глобус,
Тропосфера, стратосфера, ионосфера
..
Годы – десятки и сотни лет.

Спасибо за внимание!

Обратная связь: matseralex@cs.msu.ru

<https://www.inm.ras.ru/vtm/>

<https://cs.msu.ru/departments/vtm>

Обзор для широкой аудитории:

<https://www.inm.ras.ru/kaf-vtmgb/geo/>

Больше тем:

<https://www.inm.ras.ru/kaf-vtmgb/sci/>

Канал в телеграм: t.me/vtmmsuchair

