

# Опыт проведения НИР «Научная визуализация и визуальная аналитика» в РТУ-МИРЭА в 2024 году

А.Е. Бондарев<sup>1,А,В</sup>

<sup>А</sup> Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук

<sup>В</sup> Российский технологический университет - МИРЭА

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-3681-5212, [bond@keldysh.ru](mailto:bond@keldysh.ru)

## Аннотация

Данная работа представляет опыт построения и проведения НИР «Научная визуализация и визуальная аналитика» в РТУ-МИРЭА в 2024 году. НИР проводилась для студентов 3-го курса кафедры высшей математики Института искусственного интеллекта РТУ-МИРЭА. Описано построение и организация НИР. Приведены примеры заданий и их выполнения. Данная работа может быть интересной для преподавания аналогичных дисциплин в данной предметной области.

**Ключевые слова:** Опыт проведения НИР, научная визуализация, визуальная аналитика. .

## 1. Введение

Данная работа представляет опыт построения и проведения НИР «Научная визуализация и визуальная аналитика» в РТУ-МИРЭА в 2024 году. В 2024 году мне предложили провести НИР по теме «Научная визуализация и визуальная аналитика» для студентов 3-го курса кафедры высшей математики института искусственного интеллекта в РТУ-МИРЭА. В прошлом (более 20 лет назад) подобный авторский курс был мною подготовлен и прочтен на кафедре автоматизации научных исследований ВМК МГУ. Естественно, здесь для меня было интересным все – и современный уровень студентов, и современный уровень систем визуализации, поэтому я безусловно согласился. Курс НИР был построен и проведен. Основными целями и задачами НИР было дать студентам основы обработки и визуального представления расчетных данных и выработать практические навыки пользования системами визуализации. Основным лейтмотивом НИР было следующее: «Решать численно задачи математического моделирования вас научат. Вы будете решать конкретные задачи. А как вы покажете другим и себе, что вы вообще что-то делали?». Подобные установки нашли понимание у студентов. При создании курса НИР был соблазн использовать материалы предыдущего курса 20-летней давности, но от этого пришлось отказаться, так как все программы считывания и обработки данных того времени были реализованы на Fortran, которого современные студенты вообще не изучают и не знают. Поэтому курс был построен следующим образом: сначала читались 3 ознакомительные лекции по основам научной визуализации и визуальной аналитики, затем студентам раздавались индивидуальные задания по визуализации расчетных данных, которые студенты должны были выполнить с попутным освоением систем визуализации. В качестве расчетных данных использовались реальные открытые расчетные данные, полученные мною и коллегами в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

## 2. Выбор программы визуализации для освоения

При создании НИР естественно встал вопрос выбора программы визуализации для освоения студентами. Наиболее мощными и популярными программными комплексами, как и 20 лет назад, являются программные комплексы – TecPlot [1], Paraview [2], VisIt[3], Avizo[5]. Ранее также существовало большое количество открытых программ с ограниченной функциональностью (преимущественно, французских), позволяющих, тем не менее, успешно визуализировать 1D-графики, 2D распределения величин и 3D распределения величин в объемах. Мною и сотрудниками ИПМ им. М.В. Келдыша РАН был проведен предварительный анализ современной ситуации с ПО в этой области. Было выявлено следующее. Современная ситуация радикально изменилась. Во-первых, программ с частичной функциональностью в Интернете нет. То есть, тезис «Интернет помнит все» в данном случае неверен. Во-вторых, «большие» программы, перечисленные выше также изменились. Программы Paraview [2] и VisIt[3] существенно изменились в сторону усложнения обработки исходных данных, и их явно не имело смысла давать для обучения студентам. Мы с коллегами потратили несколько вечеров, решая достаточно простые примеры данных для визуализации. В результате в качестве программных комплексов для освоения были выбраны широко распространенный в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН комплексе TecPlot [1] (имеющий trial-версию) и gnuplot [4], о котором имелась предварительная информация, что большинство студентов имеет опыт работы с ним.

## 3. Построение задания

НИР проводилась для 4-х групп студентов, численность каждой составляла в среднем 25 человек. Всего численность студентов составляла около 100 человек. Для этих групп было подготовлено 30 заданий. 26 заданий были ориентированы на использование системы TecPlot и 4 задания были ориентированы на использование системы gnuplot. В качестве исходного набора данных для каждого задания использовались ранее рассчитанные и опубликованные в открытой печати результаты решения аэродинамических задач, полученные в отделе компьютерной графики и технического зрения ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Каждому студенту предлагалось установить программу визуализации, изучить данную программу, визуализировать результаты из исходных данных и написать краткий отчет об основных функциональных свойствах используемой программы и полученных результатах. Примеры заданий и полученных результатов можно увидеть в разделе 5.

## 4. Трудности и курьезы

Следует сказать, что подавляющее большинство студентов успешно справились с заданием, но при этом выполнение задания потребовало от них определенного упорства и энтузиазма. При выполнении задания они постоянно получали консультации от меня в режиме online. В среднем, выполнение задания занимало 3 итерации. Большинство ошибок были связаны с недостаточно тщательным изучением руководств к программам (manuals).

Так, например, трудности вызвало достаточно элементарное построение кросс-сечений. Если использовать инструмент построения сечений в TecPlot, то при смене координатного направления сечения само сечение не сохраняется. Пример консультационной подсказки: «...Как сделать перпендикулярные сечения на одном рисунке? Сначала строите одно сечение, например по X, затем согласно manual включаете Data > Extract > Current Slices, затем в средстве построения сечений меняете направление на перпендикулярное. Сохраняете рисунок. Можно так и далее менять направления. ...».

Надо отметить, что освоение программ вызвало большой энтузиазм от освоения новых умений и навыков. Что иногда приводило к некоторым курьезам. В порыве энтузиазма некоторые студенты пытались построить линии тока для заведомо скалярных

величин, таких как температура или давление. Здесь приходилось обращать внимание студентов на физическую природу решенной аэрогазодинамической задачи.

Следует также отметить, что достаточно простые задания с gnuplot вызвали у студентов наибольшее количество трудностей. Это стоит отнести к менее дружелюбному интерфейсу данной программы. Здесь выполнение заданий требовало на практике до 4 коррекций.

## 5. Результаты

В данном разделе приводятся характерные примеры заданий и общие результаты выполнения заданий.

### Пример задания для TecPlot

**1. ЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА:** Освоение и практическое применение универсальной программы визуализации данных TecPlot.

### **2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ:**

2.1 Изучить: универсальной программы визуализации данных TecPlot, написать краткий отчет по изучению, включающий основные типы данных, и перечень основных функций, предоставляемых пользователю.

2.2 Практически выполнить: Построить на рисунке визуализацию численного массива по данным файла MPrSh.lay в виде набора плоскостей. Файл содержит трехмерный массив данных, представляющий критическую скорость перехода между различными режимами течения при вариации чисел Маха, Прандтля, Рейнольдса и Струхала. Представить рисунок в виде набора кросс-сечений, используя инструменты программы. Рисунки предоставить в отчете.

2.3 Ознакомиться: с возможностями, предоставляемыми данной программой.

Результаты выполнения задания представлены на рисунках 1,2,3, где показаны 2 кросс-сечения, 3 кросс-сечения и 4 шага анимации, где одно из кросс-сечений перемещается.

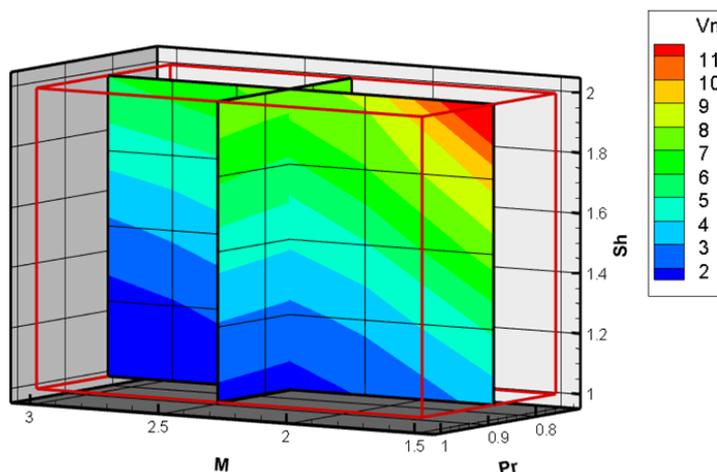


Рисунок 1. Набор двух кросс-сечений (по осям OX и OY).

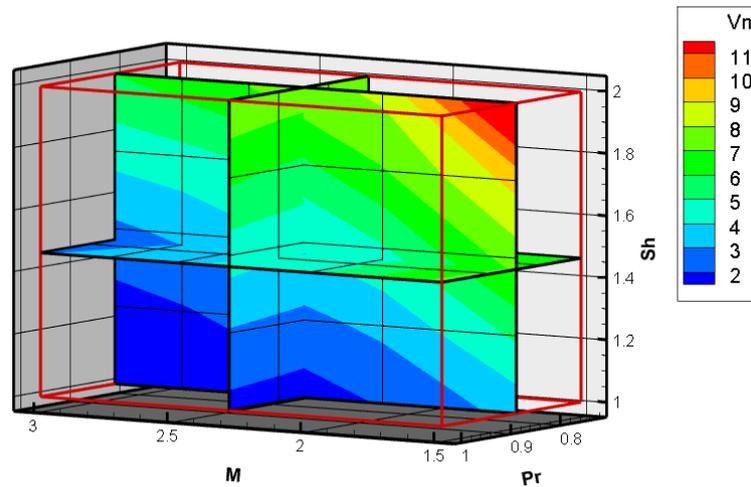


Рисунок 2. Набор трёх кросс-сечений (по осям OX, OY, OZ).

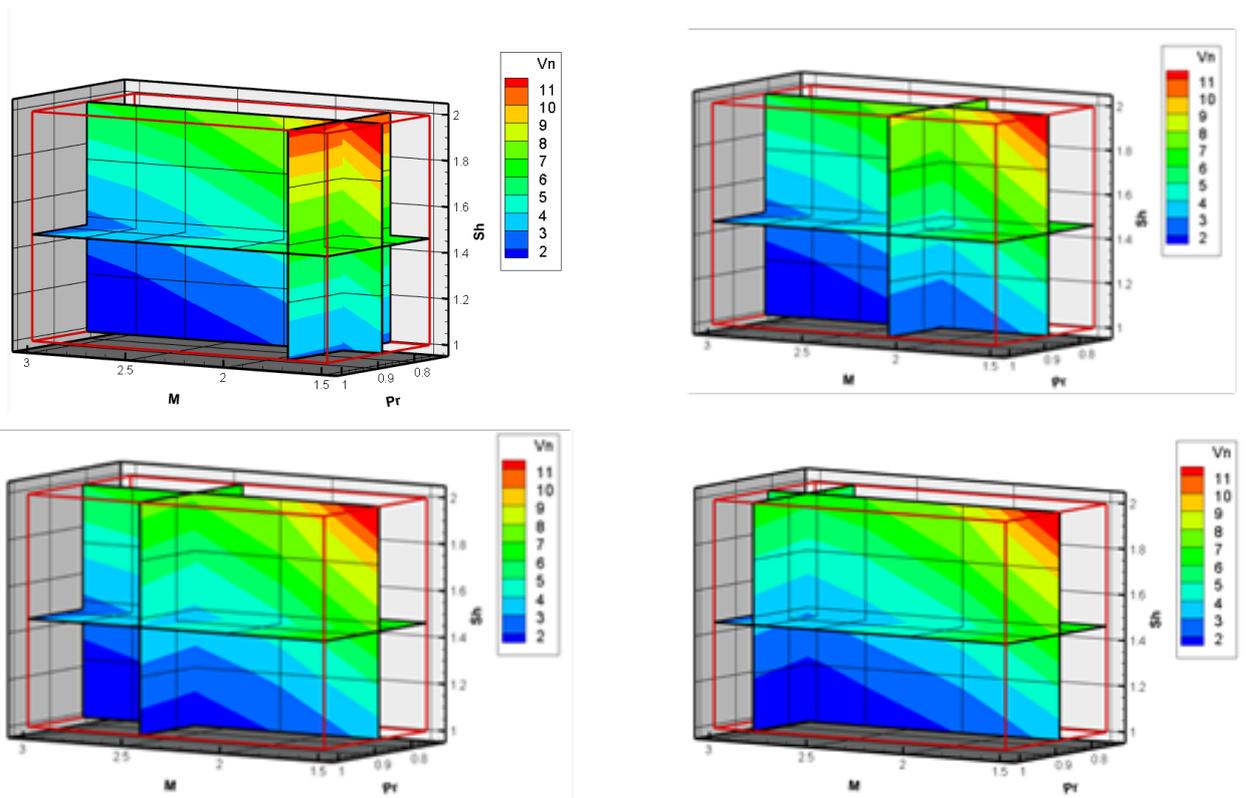


Рисунок 3. 4 шага анимации для сечения, параллельного оси OX.

### Пример задания для gnuplot

**«1. ЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА:** Освоение и практическое применение универсальной программы визуализации данных gnuplot.

2.1 Изучить: универсальной программы визуализации данных gnuplot.

, написать краткий отчет по изучению, включающий основные типы данных, и перечень основных функций, предоставляемых пользователю.

2.2 Практически выполнить: Построить изображение двумерного массива, представленного в файле Test2D.dat. Файл содержит двумерный массив данных, представляющий распределение скалярной величины F в прямоугольной области. В реальности эти данные соответствуют распределению температуры на плоскости. Построить изображение данных в виде трехмерной поверхности. Рисунки предоставить в отчете.

2.3 Ознакомиться: с возможностями, предоставляемыми данной программой.

### 3. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ:

4. **ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ:** использовать для визуализации данных gnuplot, версию программы брать с сайта <http://www.gnuplot.info/>  
Результаты построения данных в виде трехмерной поверхности показаны на рис.4

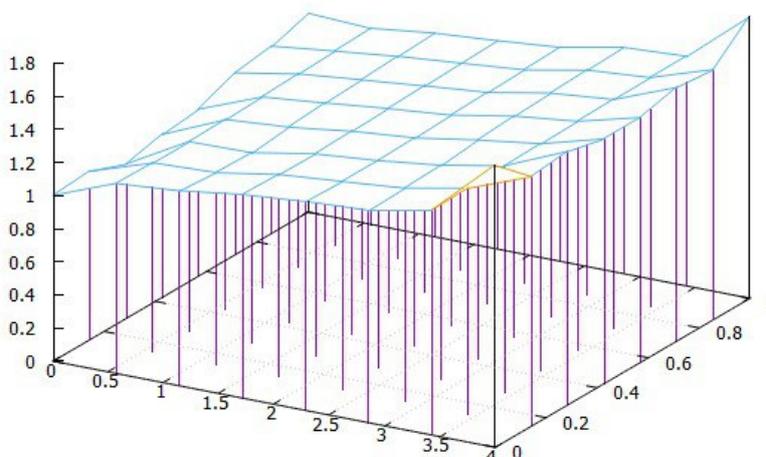


Рисунок 4. Построенная модель с помощью программы gnuplot

В целом, результаты проведения НИР можно оценить как достаточно успешные. Большинство (более 90%) студентов сдало НИР с положительной оценкой. Подобная самостоятельная работа, связанная с получением новых конкретных практических навыков вызвала интерес у студентов, что они и отразили во многих отчетах по НИР.

## 6. Заключение

В данной работе описан опыт построения и проведения НИР «Научная визуализация и визуальная аналитика» в РТУ-МИРЭА в 2024 году. НИР проводилась для студентов 3-го курса кафедры высшей математики Института искусственного интеллекта РТУ-МИРЭА. Описано построение и организация НИР. Приведены примеры заданий и их выполнения. Данная работа может быть интересной для преподавания аналогичных дисциплин в данной предметной области. Подобная организация работ служит источником получения студентами конкретных практических умений, которые востребованы в науке и промышленности.

## Благодарности:

Автор выражает глубокую благодарность руководству Института искусственного интеллекта и заведующей кафедрой высшей математики д.ф.-м.н. Шатиной Альбине Викторовне за помощь и поддержку при создании и проведении НИР, а также м.н.с ИПМ им. М.В. Келдыша РАН Кувшинникову Артему Евгеньевичу и Бондаревой Николь Александровне.

## Список литературы

1. Tecplot Visualization and Analysis Tools for CFD Post-processing <https://tecplot.com/>
2. Paraview <https://www.paraview.org/>
3. VisIt visualization system <https://hpc.llnl.gov/software/visualization-software/visit>
4. gnuplot homepage <http://www.gnuplot.info/>
5. Avizo 3D <https://www.thermofisher.com/software-em-3d-vis/customerportal/download-center/amira-avizo-3d-installers/>

# Experience of Constructing and Carrying Out the R&D "Scientific Visualization and Visual Analytics" at RTU-MIREA in 2024

A.E. Bondarev<sup>1,A,B</sup>

<sup>A</sup> Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS

<sup>B</sup> Russian Technological University – MIREA

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-3681-5212, [bond@keldysh.ru](mailto:bond@keldysh.ru)

## **Abstract**

This work presents the experience of constructing and conducting the research project "Scientific Visualization and Visual Analytics" at RTU-MIREA in 2024. The research project was conducted for 3rd-year students of the Department of Higher Mathematics of the Institute of Artificial Intelligence at RTU-MIREA. The construction and organization of the research project are described. Examples of tasks and their implementation are given. This work may be of interest for teaching similar disciplines in this subject area.

**Keywords:** Experience in conducting research, scientific visualization, visual analytics.

## **References**

1. Tecplot Visualization and Analysis Tools for CFD Post- processing <https://tecplot.com/>
2. Paraview <https://www.paraview.org/>
3. VisIt visualization system <https://hpc.llnl.gov/software/visualization-software/visit>
4. gnuplot homepage <http://www.gnuplot.info/>
5. Avizo 3D <https://www.thermofisher.com/software-em-3d-vis/customerportal/download-center/amira-avizo-3d-installers/>