

ОБЗОР НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОСТОБРАБОТКИ SCIENTIFICVIEW

*Кузьмин Владислав Васильевич (VVKuzmin@vniief.ru), Ломтев Василий Валерьевич,
Кондратьев Дмитрий Сергеевич, Нестеров Евгений Викторович,
Жирнов Владимир Вячеславович, Козачек Юлия Владимировна*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В ИТМФ «РФЯЦ-ВНИИЭФ» ведутся работы по созданию и развитию пакета программ ЛОГОС, предназначенного для 3D имитационного моделирования задач из области автомобиле-, судо- и авиастроения, атомной энергетики, космоса. Данный пакет содержит в себе программы, предназначенные для моделирования таких процессов, как аэрогидромеханика, теплоперенос, прочность и другие, а также программу, обеспечивающую препостпроцессинг расчетных данных. В качестве основной программы для параллельной постобработки и визуализации данных была разработана и развивается в настоящий момент система ScientificView [1], [2]. Система ScientificView предназначена для фильтрации и отображения данных, числового анализа результатов моделирования физических процессов на сетках регулярного и нерегулярного типа, а также для обработки данных, полученных бессеточными методами моделирования (частицы, молекулы).

Наряду с классическими алгоритмами обработки данных в ScientificView был создан достаточно большой набор и специализированных алгоритмов. Однако для постобработки результатов моделирования новых классов задач имеющихся возможностей оказалось недостаточно. В связи с этим, исходя из потребностей пользователей и анализа специализированного программного обеспечения, за последнее время были реализованы такие алгоритмы постобработки данных как:

- масштабирование и анимация деформаций;
- задание траектории облета камеры при создании видеоматериалов;
- построение алгоритма фильтрации «Линии тока» с возможностью расстановки стартовых точек на заданном сплайне;
- построение профиля величин по выбранному набору состояний и новая подсистема отображения графиков;
- объемный рендеринг;
- макроязык;
- перевод тензорных и векторных величин в сферическую/цилиндрическую/прямоугольную систему координат;
- механизм маркировки сеточных элементов;
- использование индивидуальных палитр для элементов сцены;
- экспорт облегченных 3D сцен.

Ключевые слова: постобработка, визуализация, алгоритмы, рендеринг, деформация, расчетная сетка, элементы сцены.

OVERVIEW OF NEW FEATURES OF THE PARALLEL POST-PROCESSING SYSTEM SCIENTIFICVIEW

*Kuzmin Vladislav Vasilyevich (VVKuzmin@vniief.ru), Lomtev Vasily Valerievich,
Kondratyev Dmitry Sergeevich, Nesterov Evgeny Viktorovich,
Zhirnov Vladimir Vyacheslavovich, Kozachek Yulia Vladimirovna*

FSUE «RFNC-VNIIEF», Sarov Nizhny Novgorod region

At ITMF RFNC-VNIIEF, work is underway to create and develop the LOGOS software package designed for 3D simulation of problems in the field of automobile, ship and aircraft construction, nuclear energy, and space. This package contains programs designed to simulate such processes as aero

hydromechanics, heat and mass transfer, strength and others, as well as a program that provides preprocessing of calculated data. The ScientificView system has been developed and is currently being developed as the main program for parallel post-processing and data visualization. The SCIENTIFICVIEW system is intended for filtering and displaying data, numerical analysis of the results of modeling physical processes on grids of regular and irregular types, as well as for processing data obtained by meshless modeling methods (particles, molecules).

Along with the classical algorithms for data processing in ScientificView, a large set of specialized algorithms was created. However, for post-processing the results of modeling new classes of problems, the available capabilities were not enough. In this regard, based on the needs of users and the analysis of specialized software, recently such post-processing algorithms have been implemented as:

- scaling and animation of deformations;
- setting the trajectory of the camera flying around when creating video materials;
- construction of a streamline filtering algorithm with the possibility of placing starting points on a given spline;
- building a profile of values for a selected set of states and a new graph display subsystem;
- volumetric rendering;
- macro language;
- conversion of tensor and vector quantities into a spherical, cylindrical, rectangular coordinate system;
- a mechanism for making up grid elements;
- using individual palettes for scene elements;
- export of lightweight 3D scenes.

Key words: post-processing, rendering, algorithms, rendering, deformation, computational mesh, scene elements.

Масштабирование и анимация деформаций

Масштабирование перемещений – алгоритм, предназначенный для искусственного увеличения малых деформаций, управления отображением деформированного состояния. Данный алгоритм пересчитывает координаты узлов сетки по формуле:

$$A = A_0 + k * displA, \quad (1)$$

где A – координата узла по одной из координатных осей, A_0 – координата узла на начальный момент времени, k – коэффициент масштабирования, $displA$ – перемещение по одной из координатных осей.

Для выполнения процедуры масштабирования перемещений выбирается коэффициент и ось, относительно которой будет выполняться масштабирование, как представлено на рис. 1. Также доступна возможность автоматического масштабирования. В этом случае коэффициент вычисляется исходя из соотношения габаритов расчетной модели на текущий момент времени к габаритам исходного состояния.

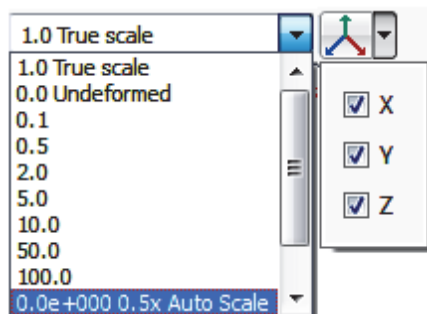


Рис. 1. Интерфейс задания коэффициента и оси масштабирования

На рис. 2,а слева приведен результат отображения лопатки с диском авиационного двигателя в реальном масштабе, на рис. 2,б справа результат отображения с коэффициентом масштабирования перемещений 30. Помимо обеспечения поддержки масштабирования деформированного состояния реализован алгоритм фильтрации «Анимация деформации». Данный алгоритм позволяет показать, как изменяется деформация или колебание модели по шагам, используя установленный коэффициент масштабирования.

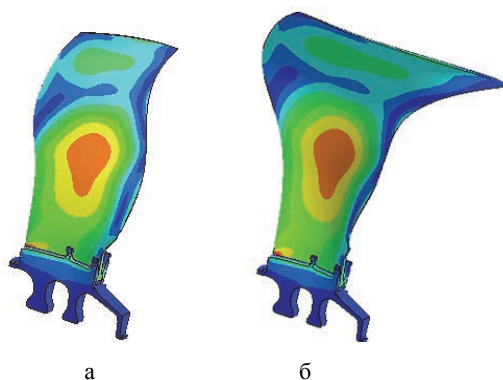


Рис. 2. Отображение лопатки с диском: а – в реальном масштабе, б – с коэффициентом 30

Задание траектории облета камеры

В рамках подсистемы формирования изображения полностью переработан код, позволяющий задавать преобразования наблюдения и проекции, для задания вида реализован переход на использование

3-х векторов (откуда, куда, направление вверх) в масштабе отображаемых данных. Это позволило задавать сложные траектории облета при формировании видеоматериалов – рис. 3. Траекторию можно менять как заданием координат, так и при помощи мыши.

Алгоритм фильтрации «Линии тока»

Для алгоритма построения линий тока реализована новая возможность задания стартовых точек: равномерное распределение стартовых точек по заданной пользователем кривой в пространстве (сплайн). Контрольные точки сплайна, устанавливаются выбором сеточных элементов левой кнопки мыши на объекте визуализации. На рис. 4 представлен пример построения линий тока из точек, расставленных на сплайне.

Алгоритм фильтрации «Профиль»

Для алгоритма «Профиль» реализована возможность накопления графиков. В рамках фильтра «Профиль» пользователю предлагается выбрать

нужные на временной шкале шаги для построения графика изменения величины вдоль прямой, после чего графики будут отображаться в одном специальном окне, которое позволит провести их сравнение или сделать другие операции, как показано на рис. 5.

Для представления графиков зависимостей, реализована новая подсистема отображения графиков, интерфейс которой представлен на рис. 5.

Основные возможности данной подсистемы:

- отображение и манипуляции в сцене графиков (масштабирование, перемещение при помощи мыши);
- настройка индивидуальных атрибутов для отображения графиков;
- использование логарифмического представления и индивидуальных шкал;
- экспорт сцены в графические файлы (PNG, JPEG);
- импорт/экспорт числовой информации;
- поддержка различных операций над графиками;
- построение видео по итерациям/временным шагам.

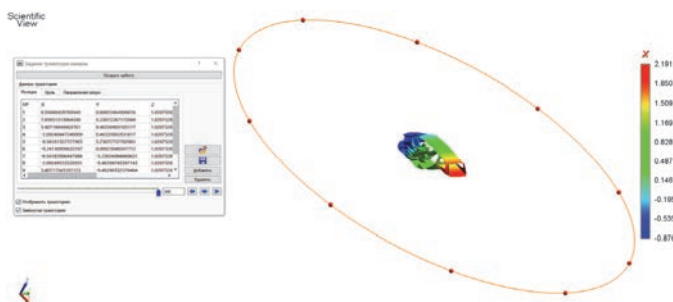


Рис. 3. Задание траектории облета камеры

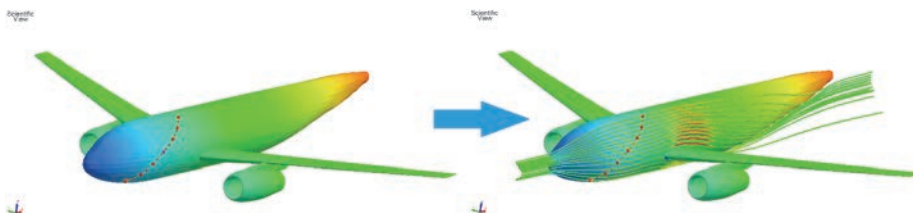


Рис. 4. Построение линий тока из точек, расставленных на сплайне

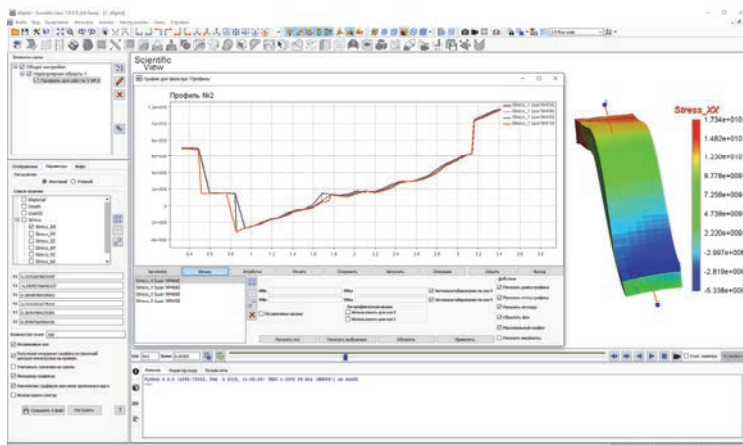


Рис. 5. Пользовательский интерфейс системы ScientificView. Построение профиля величин по выбранному набору временных шагов и новая подсистема отображения графиков

Объемный рендеринг

Объемный рендеринг – технология, позволяющая заглянуть внутрь отображаемых данных. В качестве данных для отображения в нашем случае выступают результаты 3D-моделирования, представленные набором дискретных ячеек (сетка) с определенным значением величины в пределах каждой дискретной ячейки. Технология объемного рендеринга оперирует объемными данными задачи и представляет их в виде плоского изображения (проекции). Помимо цветовой интерпретации величины (как это делается в поверхностном полигональном случае), в данной технологии также используются соответствующие уровням величины значения полупрозрачности. Комбинация таких входных данных позволяет строить объемные проекции необходимой пользователю информативности. Пример объемной графики представлен на рис. 6.

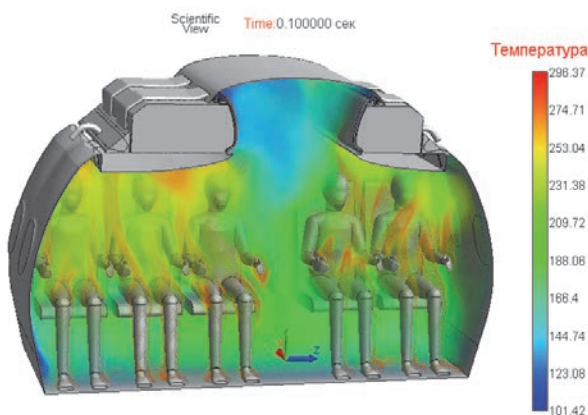


Рис. 6. Пример объемного рендеринга

Макроязык

Обработка данных может представлять последовательность однотипных действий, которые необходимо выполнить пользователю через графический интерфейс приложения. С целью автоматизации обработки данных современные системы визуализации и постобработки предоставляют возможность управления приложением с помощью команд макроязыка. Макроязык представляет собой набор команд, посредством которых пользователь имеет возможность выполнять действия, доступные через графический интерфейс пользователя. Макроязык позволяет с помощью небольших программ создавать сложные процедуры обработки, для выполнения которых через графический интерфейс потребовались бы часы или даже сутки работы пользователя. Кроме того, макропрограммы (рис. 7) можно применять к разным результатам моделирования, создавая типовые процедуры обработки для определенного класса задач.

```
1 source = getElementByName( 'Нерегулярная область 1')
2 # получение габаритной коробки
3 gabBox = source.getGabBox()
4 step = ( gabBox.maxZ - gabBox.minZ )/10
5
6 x0 = ( gabBox.maxX - gabBox.minX )/2
7 y0 = ( gabBox.maxY - gabBox.minY )/2
8
9 planeCut = plane()
10 planeCut.setParams( "normal", (x0, y0, gabBox.minZ), (0,0,1) )
11 x = list()
12 y = list()
13 for i in range( 0, 10 ):
14     planeCut.set("Z", gabBox.minZ + i*step )
15     planeCut.build()
16     x.append( gabBox.minX + i*step )
17     value = findMax("T", planeCut)
18     y.append(value)
19 fieldnames = ['pointZ', 'max' ]
20 saveToFile("D:\MAX.csv", fieldnames, x, y )
```

Рис. 7. Пример макропрограммы

Преобразование тензорных и векторных величин

Реализована возможность пересчета векторных и тензорных сеточных величин из глобальной системы координат в новую декартовую, либо сферическую, либо цилиндрическую систему координат. Пример отображения векторной величины «Displacement_Y» в глобальной системе координат и в цилиндрической системе координат представлен на рис. 8.

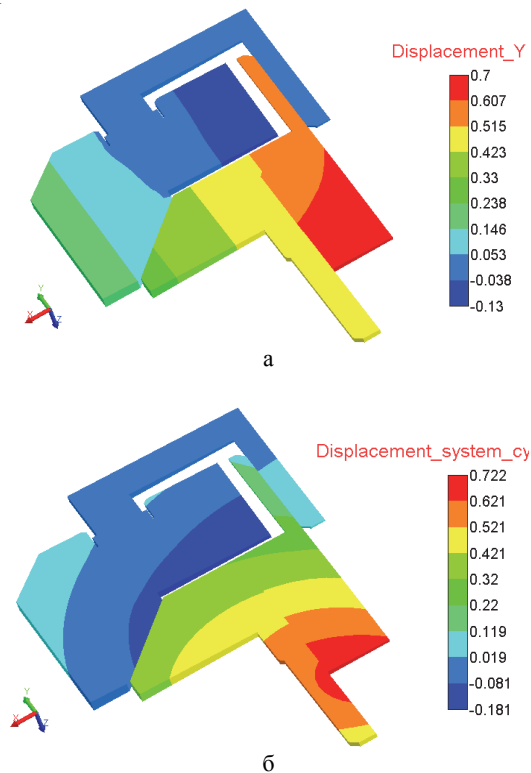


Рис. 8. Отображение векторной величины «Displacement_Y»: а – в глобальной системе координат, б – в цилиндрической системе координат

Механизм маркировки сеточных элементов

Введен механизм маркировки сеточных элементов, в которых достигаются экстремальные значения отображаемой величины, при этом маркеры обновляются при скрытии/показе специальных подобластей исходных данных и при изменении состояний (например, при изменении с течением времени). Результаты приведены на рис. 9.

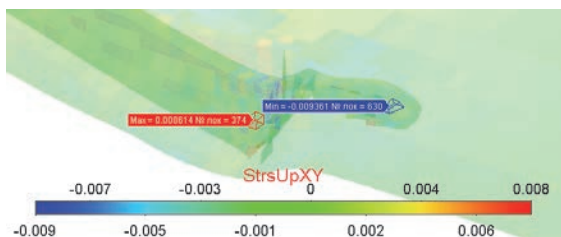


Рис. 9. Маркировка ячеек с экстремальными значениями величины StrsUpXY

Индивидуальные палитры

Для элементов сцены реализована возможность отображать несколько цветовых шкал, что повышает степень информативности при одновременном отображении нескольких расчетных величин. Пример приведен на рис. 10.

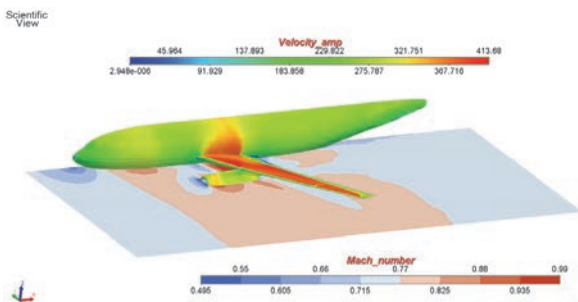


Рис. 10. Пример отображения нескольких палитр

Экспорт облегченных 3D сцен

В процессе анализа данных зачастую возникает необходимость обмена полученными результатами между исследователями. Для этих целей в постпроцессоре реализованы такие возможности как сохранение области визуализации в виде изображений, создание видеоматериалов. Помимо этого, имеется возможность сохранения файлов сценариев. Под сценарием подразумевается описание состояния системы в текущий момент времени. Загрузка файла сценария позволяет восстановить состояние системы визуализации на момент сохранения сценария. Обмен файлами сценариями между пользователями позволяет полностью восстановить состояние постпроцессора с настроенными параметрами. Однако использование таких файлов приводит к полной загрузке данных, объем которых может быть суще-

ственным. Это, в свою очередь, может потребовать значительного количества времени и ресурсов ЭВМ. В связи с этим разработан еще один способ для обмена данными постобработки между исследователями – это экспорт 3D сцены. В этом случае происходит сохранение в файл только граней ячеек, выходящих на поверхность отображаемого объекта. Хранение поверхностных граней отображаемых элементов сцены позволит существенно уменьшить объем данных для хранения, поскольку доступ к полноценным результатам моделирования больше не требуется. Ниже приведено сравнение исходных и экспортированных данных (см. таблицу).

Сравнение исходных и экспортированных данных

	Размер файла, GB	Ячеек, млн	Поверхностных граней, млн	Расход оперативной памяти, GB
Исходные данные	19	67	1,1	20,5
Экспортированные данные	0,065	1,1	1,1	0,45

Заключение

Представленные в докладе алгоритмы обработки данных такие как масштабирование перемещений, анимация деформации, объемный рендеринг, задание траектории облета камеры, экспорт 3D сцен и другие, реализованы исходя из анализа специализированного программного обеспечения и потребностей пользователей. В докладе приводится краткое описание реализованных возможностей, представлен пользовательский интерфейс и показаны примеры их использования. Данные возможности позволили значительно улучшить качество постобработки результатов моделирования.

Список литературы

1. Потехин А. Л., Никитин В. А., Логинов И. В., Кузнецов М. Г., Лопаткин А. И., Жирнов В. В., Черенков П. В., Ломтев А. В., Козачек Ю. В., Ломтев В. В. Пакет программ ЛОГОС. Новые возможности графической постобработки результатов моделирования инженерных задач в параллельной системе постобработки ScientificView. Сб. трудов конференции «Супервычисления и математическое моделирование». Саров, 2012. С. 481–487.
2. Потехин А. Л., Логинов И. В., Никитин В. А., Кузнецов М. Г., Лопаткин А. И., Жирнов В. В., Черенков П. В., Ломтев А. В. Пакет программ ЛОГОС. Методы графической обработки результатов моделирования инженерных задач // Тезисы «Забабихинские научные чтения». Снежинск: РФЯЦ-ВНИИТФ, 2012.