



Научная визуализация с помощью VTK

Васильев Евгений

ИИТММ ННГУ

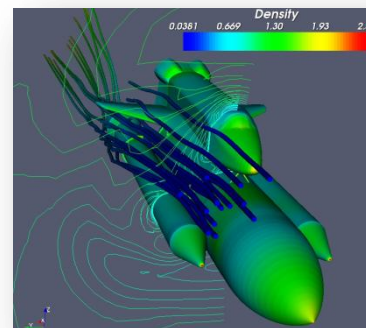
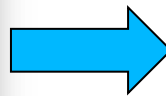
Содержание

- **Введение**
- **Обзор системы VTK**
- **Представление данных**
- **Настройка визуализации**
- **Взаимодействие с пользователем**

Введение

- Научная визуализация – это компьютерная визуализация научных данных. Исходным анализируемым данным ставится в соответствие некоторая их статическая или динамическая графическая интерпретация.

```
0265640 132304 133732 032051 037334 024721 015013 052226 001662
0265660 025537 064663 054606 043244 074076 124153 135216 126614
0265700 144210 056426 044700 042650 165230 137037 003655 006254
0265720 134453 124327 176005 027034 107614 170774 073702 067274
0265740 072451 007735 147620 061064 157435 113057 153356 114603
0265760 107204 102315 171451 046040 120223 001774 030477 045573
0266000 171317 116055 155117 134444 167210 041405 147127 050505
0266020 04137 046472 124015 143601 173550 053517 044635 021135
0266040 070176 047705 113754 175477 105532 076515 177365 056333
0266060 041023 074017 127113 003214 037026 037640 063171 123424
0266100 067701 037406 140000 163341 072410 100032 125455 056446
0266120 006716 071402 055672 132571 105645 170073 050376 072117
0266140 024451 007424 114200 077733 024434 012546 172404 102345
0266160 040223 050170 055164 164634 047154 126205 112514 032315
0266200 016041 176055 042766 025015 176314 017234 110060 034515
0266220 117156 030746 154234 125001 151144 163706 136237 164376
0266240 137055 062276 151755 115466 005322 123567 073216 002655
0266260 171466 126161 117155 065763 016177 014460 112765 055527
0266300 003767 175367 104754 066436 172172 150750 049643 145410
0266320 072074 000007 040627 070652 173011 002151 125132 140214
0266340 060115 014356 015164 067027 120206 070242 033065 131334
0266360 170001 170106 040437 172777 124446 136531 041462 115321
0266400 020243 005602 004146 121574 124651 006634 071331 102070
0266420 157504 163037 166330 074251 024520 114433 167273 030635
0266440 138614 106171 144160 010652 007865 026416 160716 100413
0266460 026630 007210 000630 121224 076033 140764 000737 003276
0266500 114060 042647 104475 110537 065716 104754 075447 112254
0266520 030374 144251 077734 015157 002513 173526 035531 150003
0266540 146207 015135 024446 130101 072457 040764 165513 156412
0266560 166410 067251 156160 106406 125770 030516 064740 022032
0266600 142166 123707 175121 071170 076357 037233 031136 015232
0266620 075074 016744 044055 102230 110063 033350 052765 172463
```

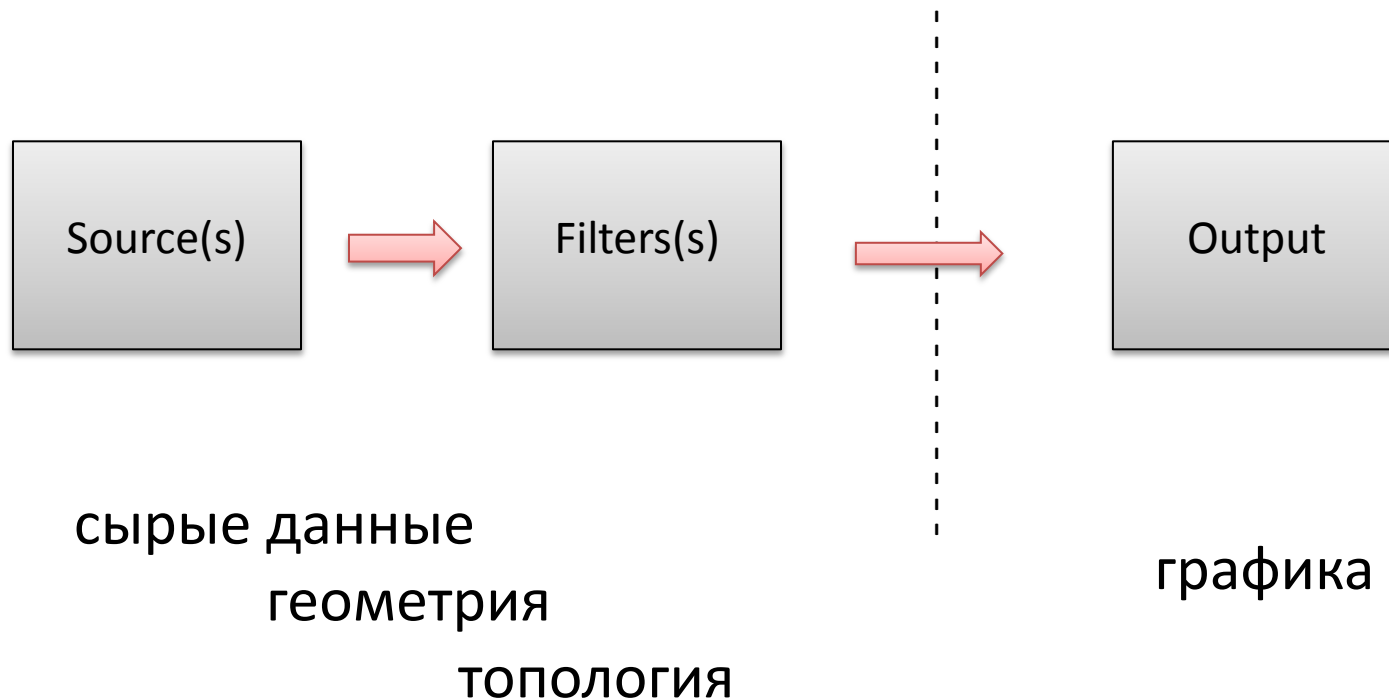


* The ParaView Tutorial

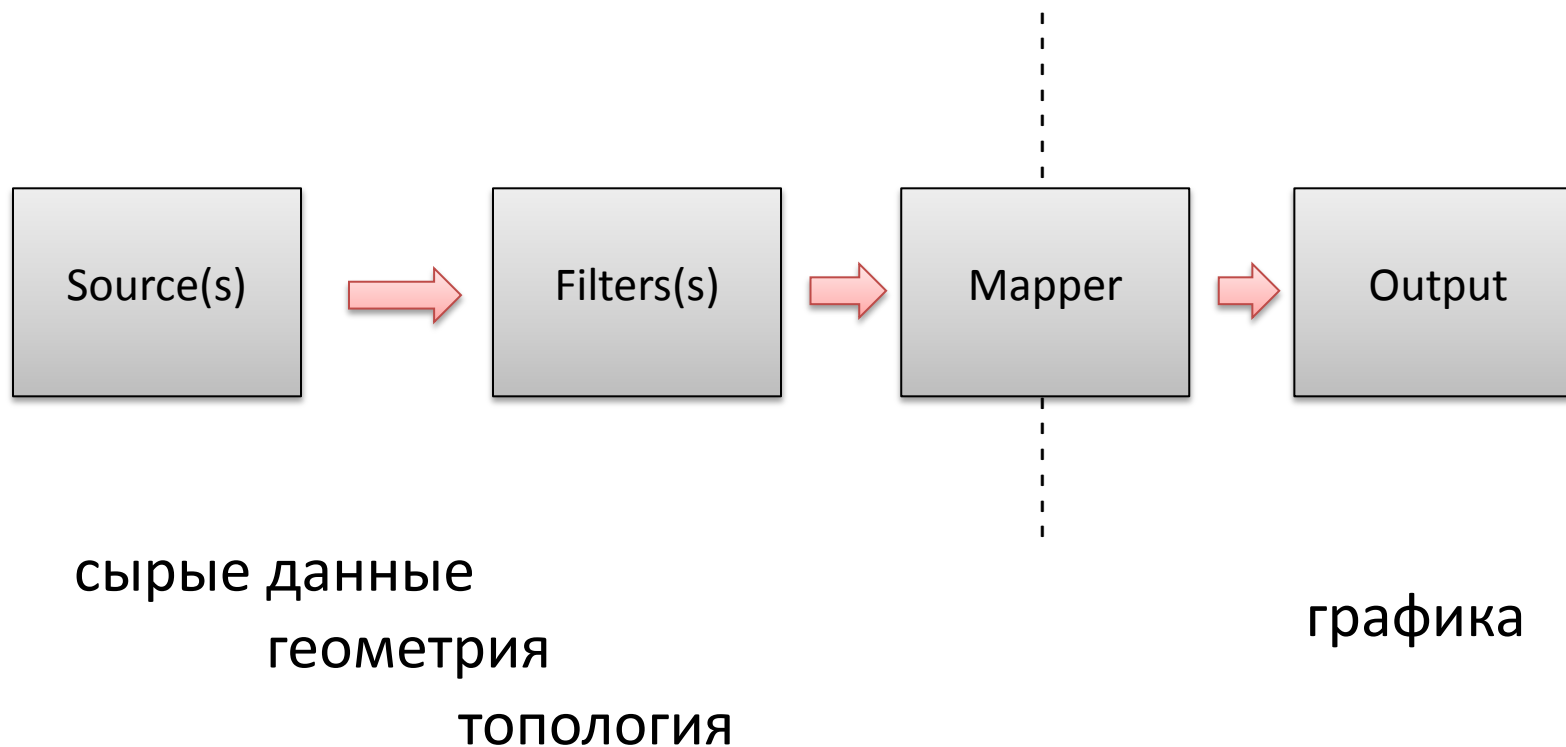
VTK

- Объектно-ориентированная библиотека для визуализации и анализа данных;
- Открытый исходный код, кроссплатформенность;
- Написана на C++, интерфейсы Python, Tcl, Java;
- Актуальная документация, огромная библиотека примеров;

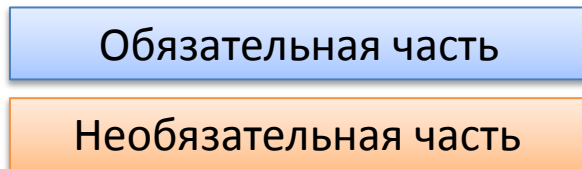
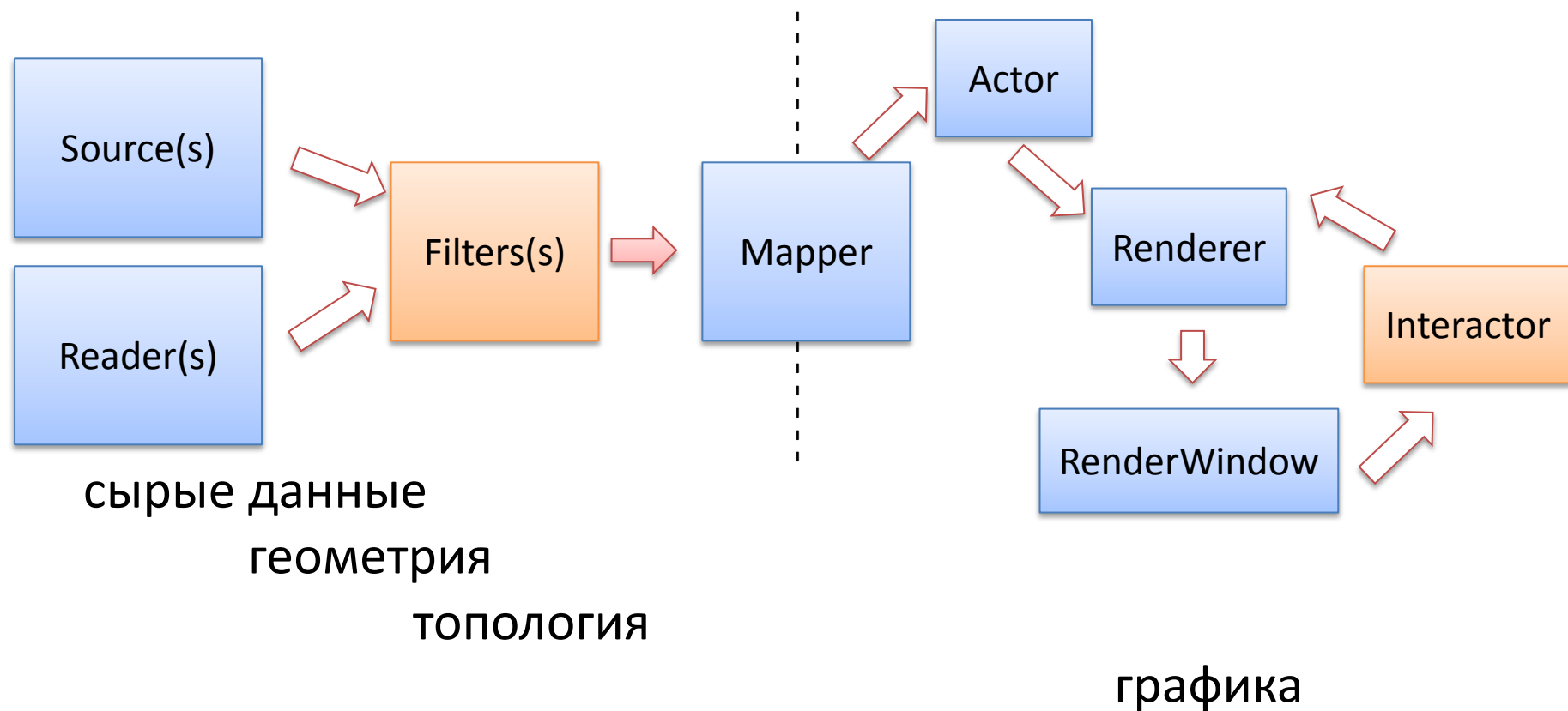
Обобщенный графический конвейер



Конвейер VTK



Конвейер VTK



Разбор программы

```
vtkSmartPointer<vtkXMLImageDataReader> reader =  
    vtkSmartPointer<vtkXMLImageDataReader>::New();  
reader->SetFileName(argv[1]);  
reader->Update();
```

} Reader

```
vtkSmartPointer<vtkContourFilter> contours =  
    vtkSmartPointer<vtkContourFilter>::New();  
contours->SetInputConnection(reader->GetOutputPort());  
contours->GenerateValues(10, 0.0, 5.0);
```

} Filter

```
vtkSmartPointer<vtkPolyDataMapper> mapper =  
    vtkSmartPointer<vtkPolyDataMapper>::New();  
mapper->SetInputConnection(contours->GetOutputPort());
```

} Mapper


```
vtkSmartPointer<vtkActor> actor =  
    vtkSmartPointer<vtkActor>::New();  
actor->SetMapper(mapper);
```

Actor

```
vtkSmartPointer<vtkRenderer> renderer =  
    vtkSmartPointer<vtkRenderer>::New();  
renderer->AddActor(actor);
```

Render

```
vtkSmartPointer<vtkRenderWindow> renderWindow =  
    vtkSmartPointer<vtkRenderWindow>::New();  
renderWindow->AddRenderer(renderer);
```

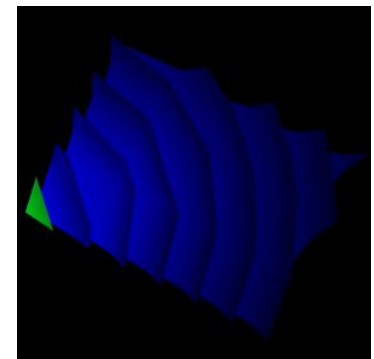
Window

```
vtkSmartPointer<vtkRenderWindowInteractor> interactor =  
    vtkSmartPointer<vtkRenderWindowInteractor>::New();  
interactor->SetRenderWindow(renderWindow);
```

Interactor

```
renderWindow->Render();  
interactor->Start();
```

Run!



Source: [example first.cpp](#)

Сборка программы в CMake

Пример CMake файла:

```
cmake_minimum_required(VERSION 2.8)

PROJECT(Example) # Name of the project

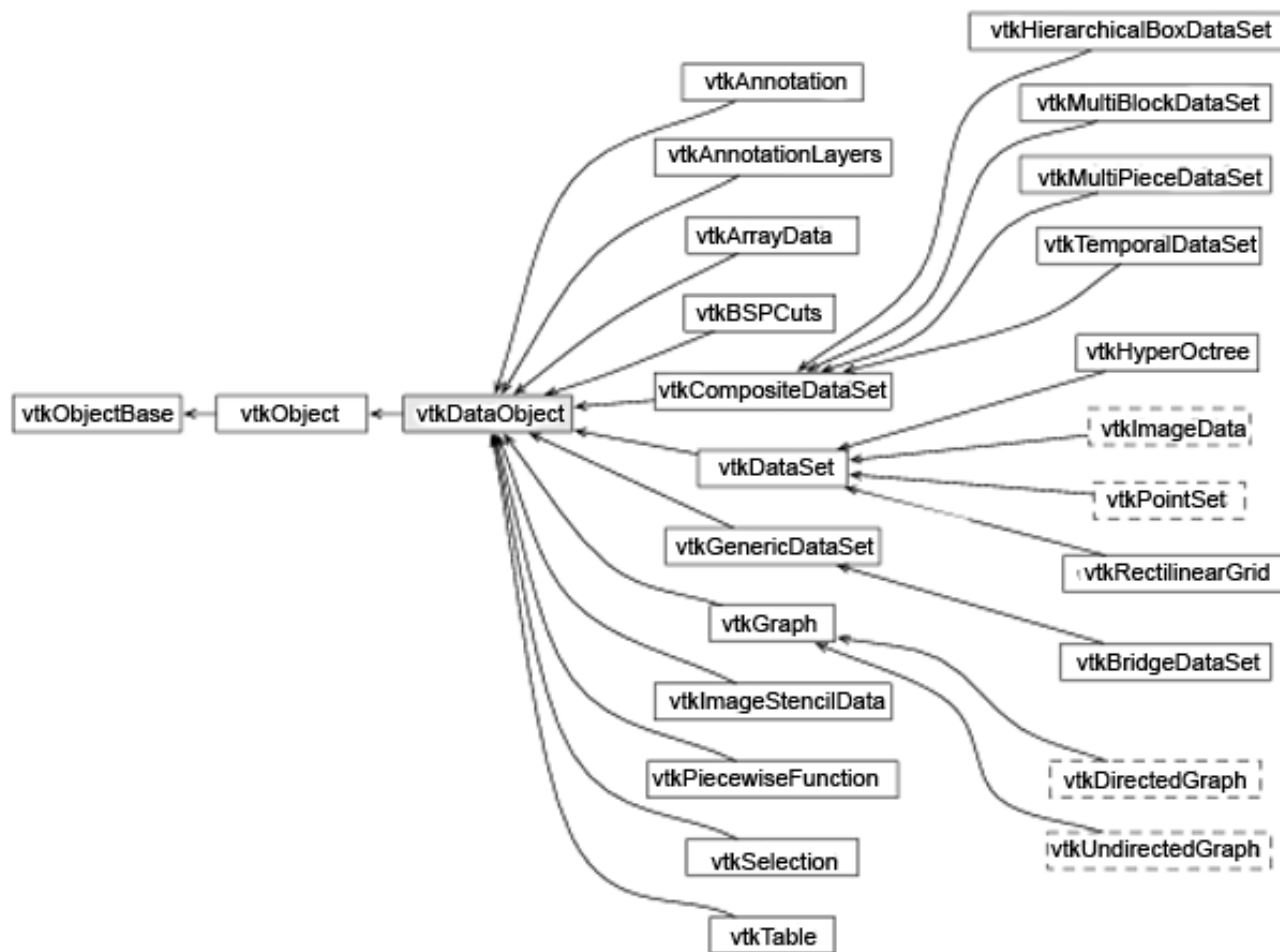
find_package(VTK REQUIRED) # Find the VTK library
include(${VTK_USE_FILE}) # Include the VTK library

set(SOURCE_EXE main.cpp) # Add sources

add_executable(Example ${SOURCE_EXE}) # Create executable file

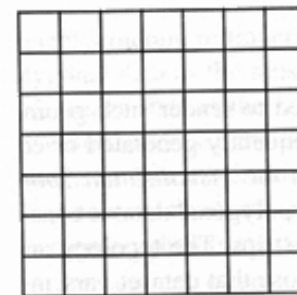
target_link_libraries(Example ${VTK_LIBRARIES}) # Link VTK libraries
```

Представление данных

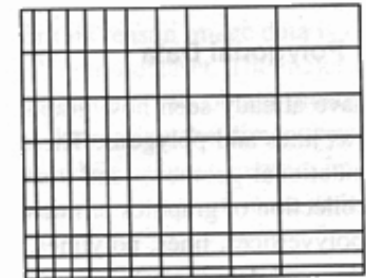


Структуры данных VTK

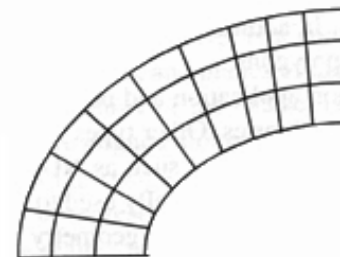
- Image Data;
- Rectilinear Grid;
- Structured Grid;
- Unstructured Points;
- Polygonal Data;
- Unstructured Grid;



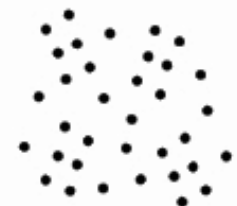
(a) Image Data



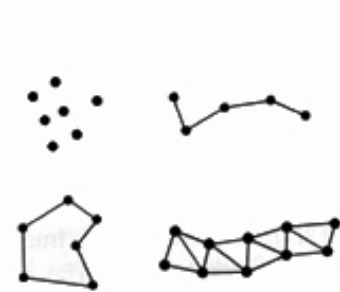
(b) Rectilinear Grid



(c) Structured Grid



(d) Unstructured Points



(e) Polygonal Data



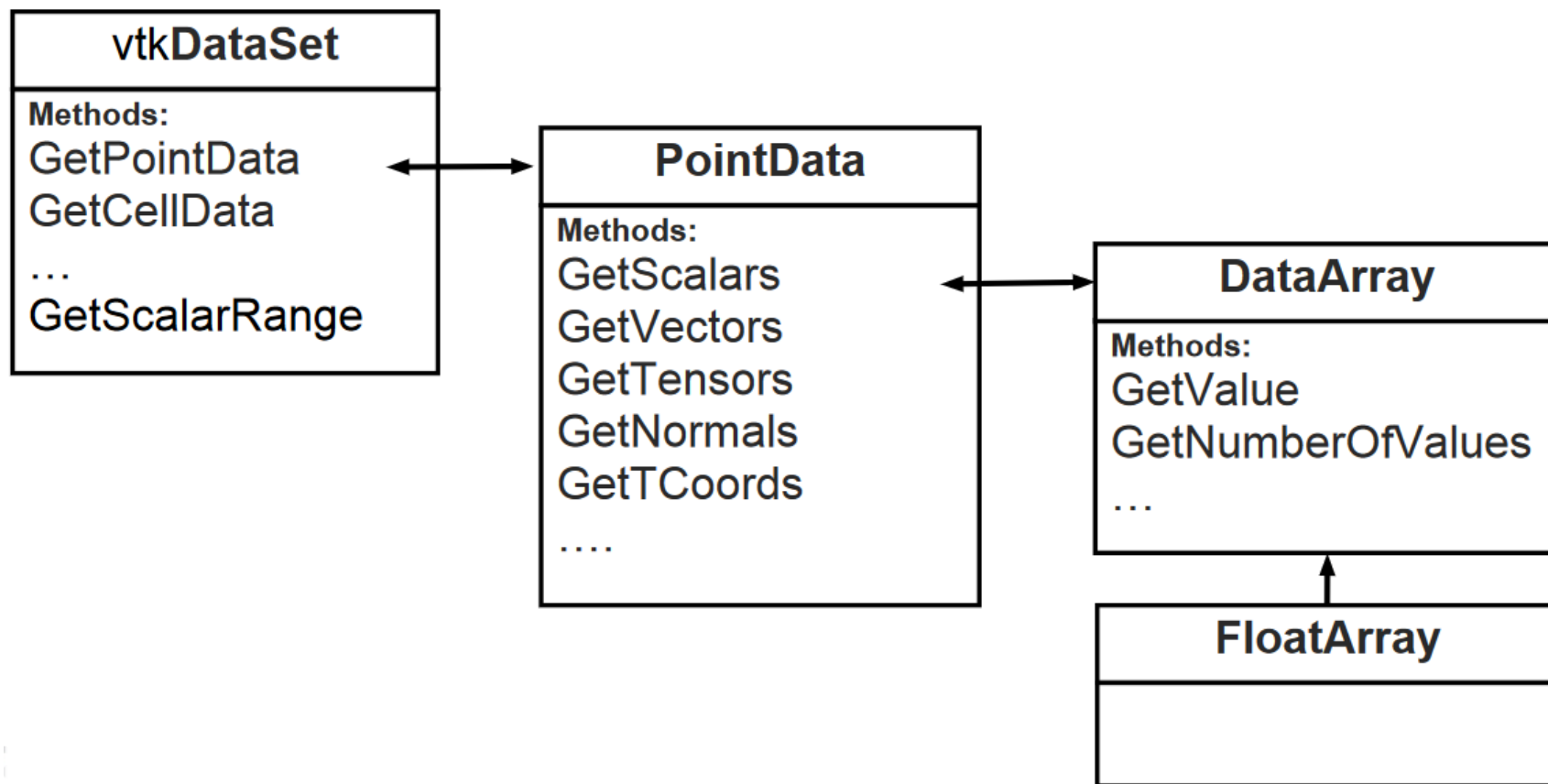
(f) Unstructured Grid

Атрибуты данных

- **Scalars**
 - Одно значение (температура, давление, плотность, высота)
- **Vectors**
 - Трёхмерный вектор (направление и скорость)
- **Normals**
 - Трёхмерный вектор нормали (для освещения)
- **Texture Coordinates**
 - Текстурные координаты в декартовых с/к
- **Tensors**
 - Матрица 3x3 (напряжение)

Иерархия данных

`Data -> GetPointData() -> GetScalars() -> GetValue(1) ;`

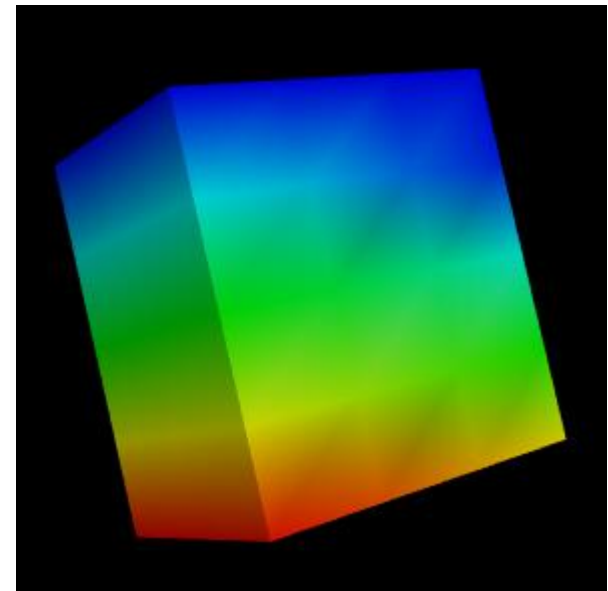


vtkStructuredPoints

```
vtkSmartPointer<vtkStructuredPoints> SP =  
vtkSmartPointer<vtkStructuredPoints>::New();  
SP->SetOrigin(0, 0, 0);  
SP->SetDimensions(3, 4, 5);  
SP->SetSpacing(1.33, 1.25, 1);
```

```
vtkSmartPointer<vtkFloatArray> FA =  
vtkSmartPointer<vtkFloatArray>::New();  
for (int i = 0; i < 3 * 4 * 5; i++)  
FA->InsertValue(i, i * 0.02);  
SP->GetPointData()->SetScalars(FA);
```

Source: [example_imagedata.cpp](#)

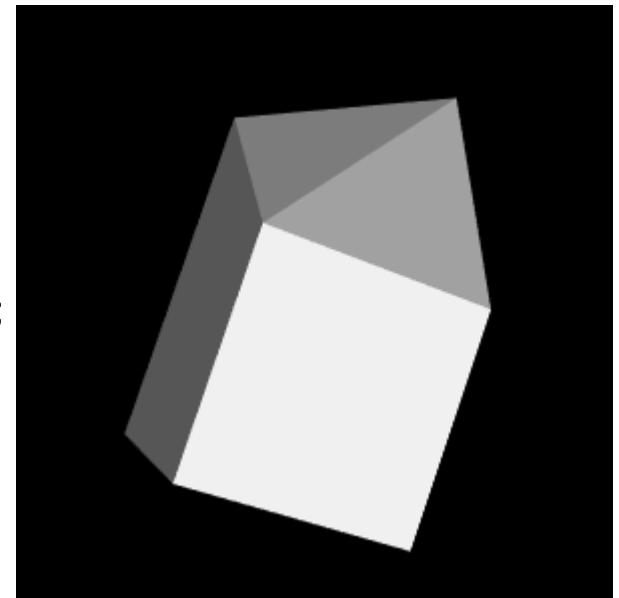


vtkStructuredGrid

```
vtkSmartPointer<vtkPoints> P =  
vtkSmartPointer<vtkPoints>::New();  
P->InsertNextPoint(0, 0, 0); P->InsertNextPoint(1, 0, 0);  
P->InsertNextPoint(0, 1, 0); P->InsertNextPoint(1, 1, 0);  
P->InsertNextPoint(0, 0, 1); P->InsertNextPoint(1, 0, 1);  
P->InsertNextPoint(0, 1, 1.5); P->InsertNextPoint(1, 1, 2);
```

```
vtkSmartPointer<vtkStructuredGrid> SG =  
vtkSmartPointer<vtkStructuredGrid>::New();  
SG->SetDimensions(2, 2, 2);  
SG->SetPoints(P);
```

Source: [example_structuredgrid.cpp](#)

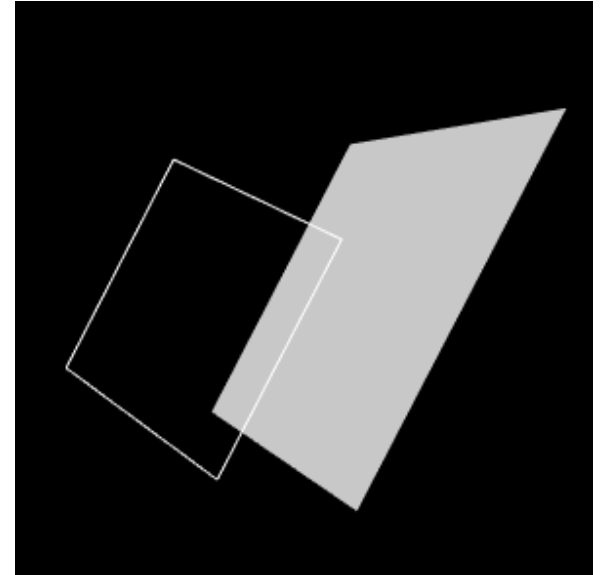


vtkPolyData

```
vtkSmartPointer<vtkCellArray> CA =  
vtkSmartPointer<vtkCellArray>::New();  
CA->InsertNextCell(4);  
CA->InsertCellPoint(3);  
CA->InsertCellPoint(2);  
CA->InsertCellPoint(6);  
CA->InsertCellPoint(7);
```

```
vtkSmartPointer<vtkPolyData> PD =  
vtkSmartPointer<vtkPolyData>::New();  
PD->SetPoints(P);  
PD->SetPolys(CA);
```

Source: [example_polydata.cpp](#)

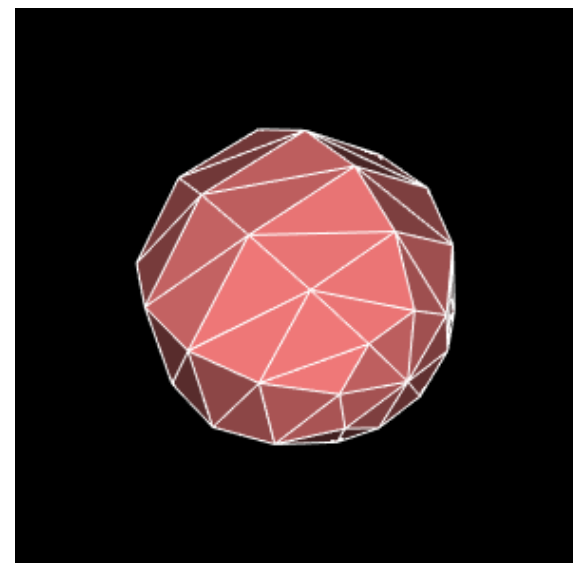


Подсистема визуализации

- `vtkActor` – объект с визуализируемыми данными
- `vtkRenderer` – объект «сцены» рендеринга
- `vtkCamera` – камера
- `vtkLight` – источник света

Настройка vtkActor

```
vtkSmartPointer<vtkActor> actor =  
    vtkSmartPointer<vtkActor>::New();  
actor->SetMapper(mapper);  
  
actor->GetProperty()->SetColor(1.0, 0.5, 0.5);  
actor->GetProperty()->SetInterpolationToFlat();  
actor->GetProperty()->SetEdgeVisibility(1);  
actor->GetProperty()->SetEdgeColor(1.0, 1.0, 1.0);
```



Source: [example_actorproperties.cpp](#)

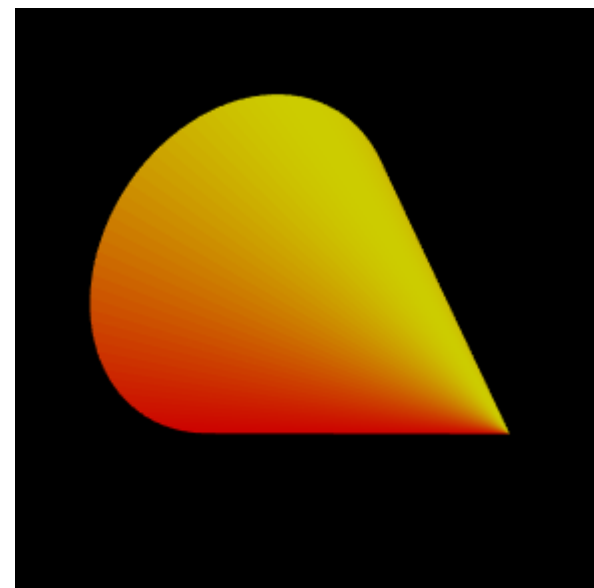
Настройка освещения

```
vtkSmartPointer<vtkLight> light =  
    vtkSmartPointer<vtkLight>::New();  
light->SetColor(1.0, 1.0, 0.0);  
light->SetPosition(2.0, 1.0, 0.0);
```

```
vtkSmartPointer<vtkLight> light2 =  
    vtkSmartPointer<vtkLight>::New();  
light2->SetColor(1.0, 0.0, 0.0);  
light2->SetPosition(2.0, -1.0, 0.0);
```

```
renderer->AddLight(light);  
renderer->AddLight(light2);
```

Source: [example_conelight.cpp](#)



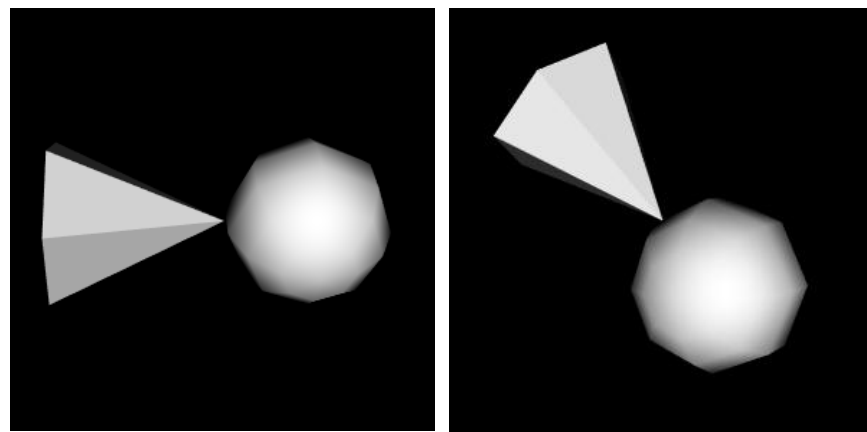
Подсистема взаимодействия

- **vtkRenderWindowInteractor** – перехватывают события мыши и клавиатуры и транслируют их в манипуляции с камерой или в другие действия.
- **vtkInteractorStyle** – определяют каким образом происходят манипуляции камерой
 - **vtkInteractorStyleTrackballCamera**
 - **vtkInteractorStyleJoystickCamera**

Настройка работы с мышью

```
vtkSmartPointer<vtkInteractorStyleTrackballCamera> style =  
vtkSmartPointer<vtkInteractorStyleTrackballCamera>::New();
```

```
renderWindowInteractor->SetInteractorStyle(style);
```



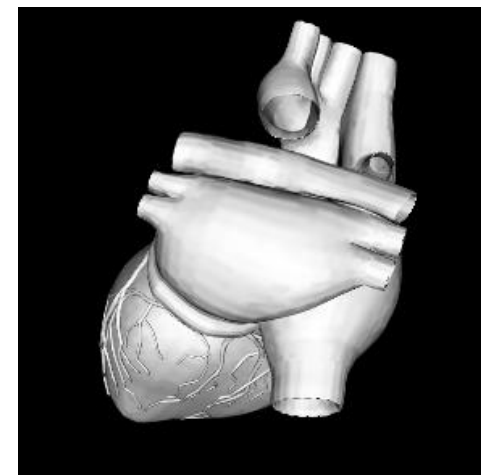
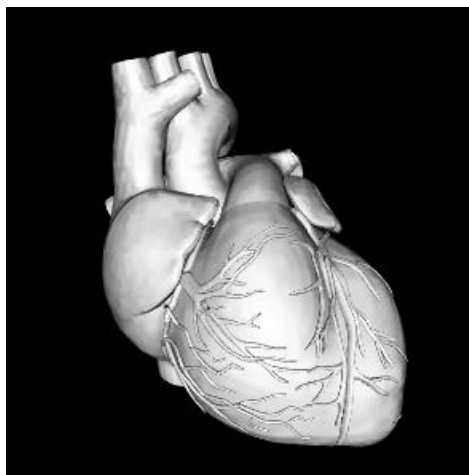
Source: [example_trackballcamera.cpp](#)

Подсистема ввода-вывода

- **Legacy formats (.vtk)** – текстовые форматы данных, удобно читать, загружаются долго
- **XML formats (.vti, .vtu, etc)** – XML-подобные форматы, неудобно читать, загружаются быстрее
- Подробное описание форматов:
www.vtk.org/VTK/img/file-formats.pdf

Чтение obj файла

```
vtkSmartPointer<vtkOBJReader> reader =  
vtkSmartPointer<vtkOBJReader>::New();  
reader->SetFileName(argv[1]);  
reader->Update();
```



Source: [example_objreader.cpp](#)

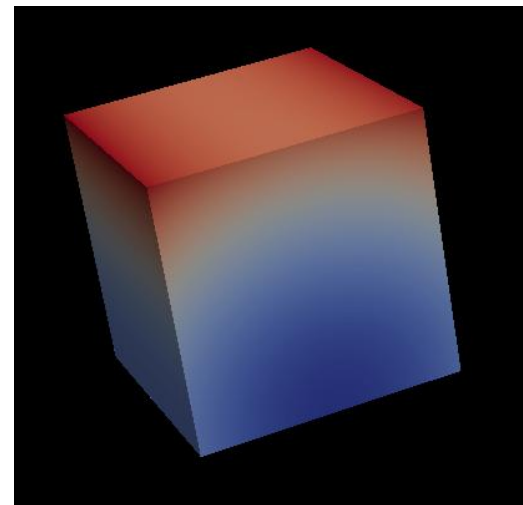
Сохранение массива в файл

// Legacy format

```
vtkSmartPointer<vtkStructuredPointsWriter> writer =  
vtkSmartPointer<vtkStructuredPointsWriter>::New();  
writer->SetFileName("3darray.vtk");  
writer->SetInputData(dataImage);  
writer->Write();
```

// XML format

```
vtkSmartPointer<vtkXMLImageDataWriter> writerXml =  
vtkSmartPointer<vtkXMLImageDataWriter>::New();  
writerXml->SetFileName ("3darray.vti");  
writerXml->SetInputData(dataImage);  
writerXml->Write();
```



Source: [example_save3darray.cpp](#)

Расширенные примеры

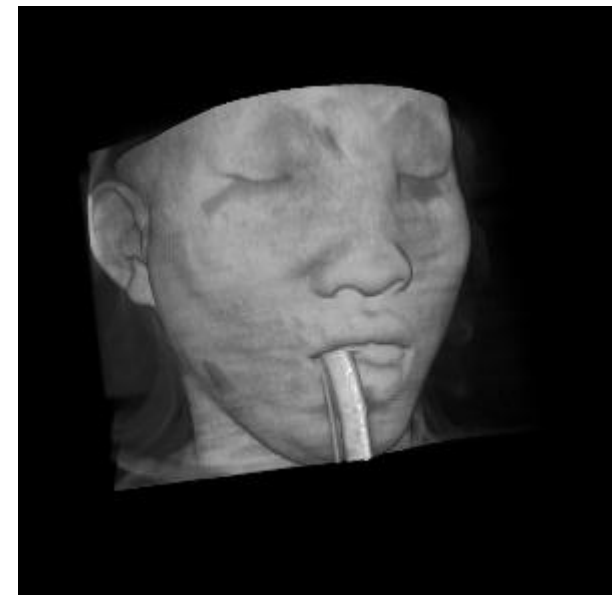
- Объемный рендеринг;

Объемный рендеринг - 1

// Volume mapping

```
vtkSmartPointer<vtkSmartVolumeMapper> volumeMapper =  
    vtkSmartPointer<vtkSmartVolumeMapper>::New();  
volumeMapper->SetInputConnection(reader->GetOutputPort());  
volumeMapper->SetRequestedRenderModeToGPU();
```

```
vtkSmartPointer<vtkVolumeProperty> volumeProperty =  
    vtkSmartPointer<vtkVolumeProperty>::New();  
volumeProperty->ShadeOff();  
volumeProperty->  
    SetInterpolationType(VTK_CUBIC_INTERPOLATION);
```

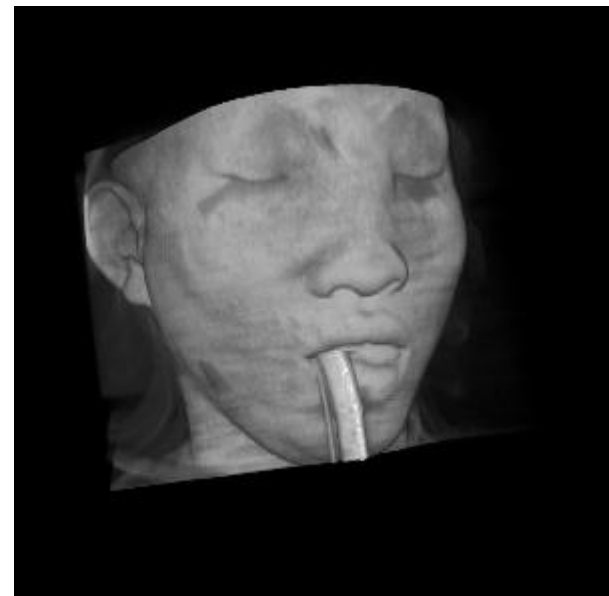


Объемный рендеринг - 2

// Transfer function

```
vtkSmartPointer<vtkPiecewiseFunction> tfOpacity =  
    vtkSmartPointer<vtkPiecewiseFunction>::New();  
tfOpacity->AddPoint(0.0, 0.0);  
tfOpacity->AddPoint(100.0, 0.0);  
tfOpacity->AddPoint(1000.0, 1.0);  
volumeProperty->SetScalarOpacity(tfOpacity);  
  
vtkSmartPointer<vtkColorTransferFunction> tfColor =  
    vtkSmartPointer<vtkColorTransferFunction>::New();  
tfColor->AddRGBPoint(0.0, 0.0, 0.0, 0.0);  
tfColor->AddRGBPoint(1000.0, 1.0, 1.0, 1.0);  
volumeProperty->SetColor(tfColor);
```

Source : [example_volumerender.cpp](#)



Литература

- Система VTK. Глава книги "Архитектура приложений с открытым исходным кодом". [Ссылка \(на русском\)](#)
- The Visualization Toolkit: An Object-Oriented Approach to 3D Graphics. [Ссылка](#) (English)
- Официальный сайт www.vtk.org/
- Примеры на [GitHub](#)