

# Модуль расчета деформации трехмерной модели мягкого тела для компьютерной системы планирования хирургических операций

Монькин Александр, 661

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Терехов А. Н.

Рецензент: инженер-программист НПФ «Энергия» ОАО «Завод «Энергия» Николаев С. Н.

# Введение

- Планирование хирургических операций
  - Восстановление и анализ трехмерных моделей
  - Симуляция возможных результатов операции
- Система планирования
  - Симуляция результатов операции по трансплантации жировой ткани

# Постановка задачи

Цель - добавить в систему планирования возможности симуляции результатов операции по трансплантации жировой ткани в области лица по трехмерной модели поверхности лица

- Реализовать физическую модель деформации мягкого тела
- Разработать модуль симуляции результатов операции
- Провести апробацию

# Физическая модель деформации мягкого тела

- Position Based Dynamics

- Müller M. et al., Position Based Dynamics, 2006
- Представление объекта
- Обработка ограничений общего вида

$C(p_1, \dots, p_n)$  – ограничение

$$\Delta p_i = -s w_i \nabla p_i C(p_1, \dots, p_n), \text{ где } s = C(p_1, \dots, p_n) / \sum_j w_j |\nabla p_j C(p_1, \dots, p_n)|^2$$

- Используемые ограничения и силы

- Пружины  $C(p_1, p_2) = |p_1 - p_2| - d$

- Сохранение объема  $C(p_1, \dots, p_N) = \left( \frac{1}{6} \sum_{i=1}^{n_{\text{triangles}}} (p_{t_1}^i \times p_{t_2}^i) \cdot p_{t_3}^i \right) - k_{\text{pressure}} V_0$

- Гидростатическое давление  $F = P A, P = \rho g h$

# Библиотека физических расчетов

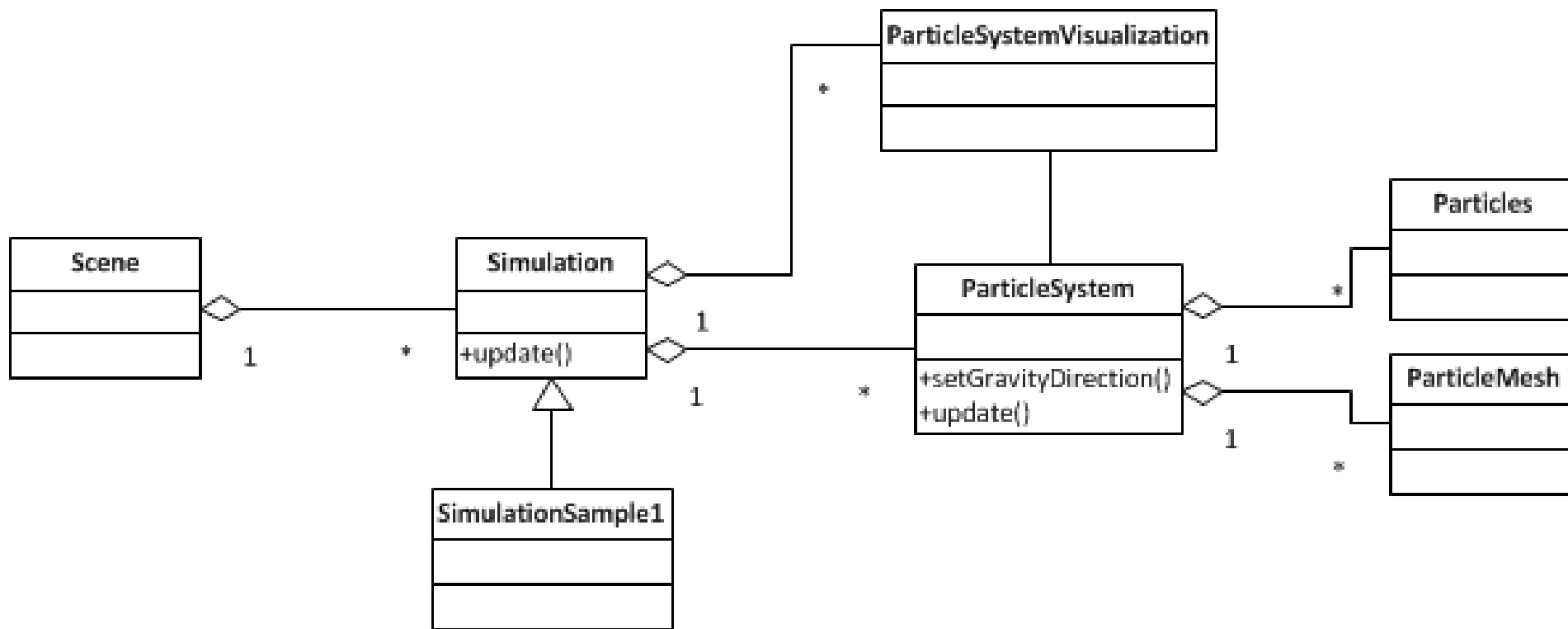
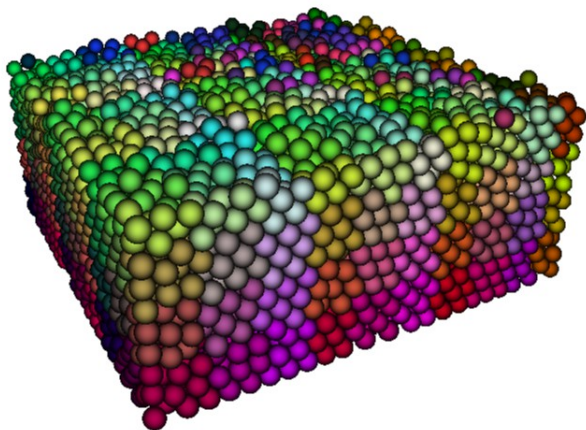
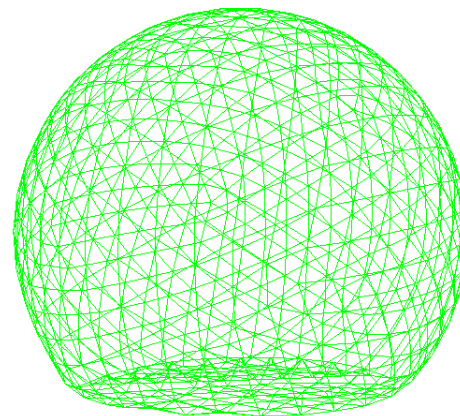


Диаграмма классов библиотеки физических расчетов

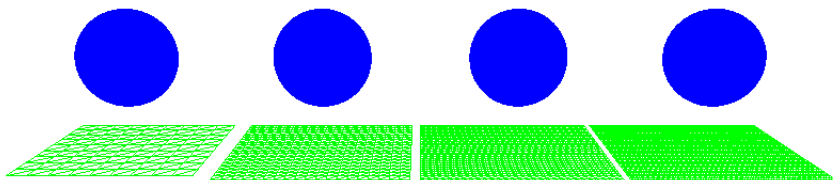
# Примеры



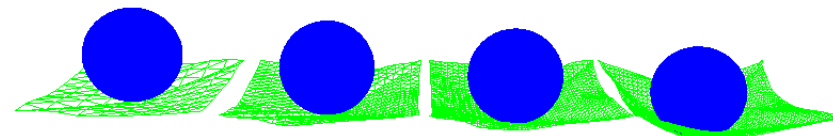
Обработка столкновений (8000 частиц)



Сохранение объема, давление (шар)



Пересечение ткани и частиц (1)



Пересечение ткани и частиц (2)

# Модуль симуляции результатов операции

- О системе
  - C++, HTML, Javascript
- Шаги симуляции
  1. Выбор модели
  2. Выделение интересующей области
  3. Задание параметров симуляции
  4. Демонстрация результатов симуляции



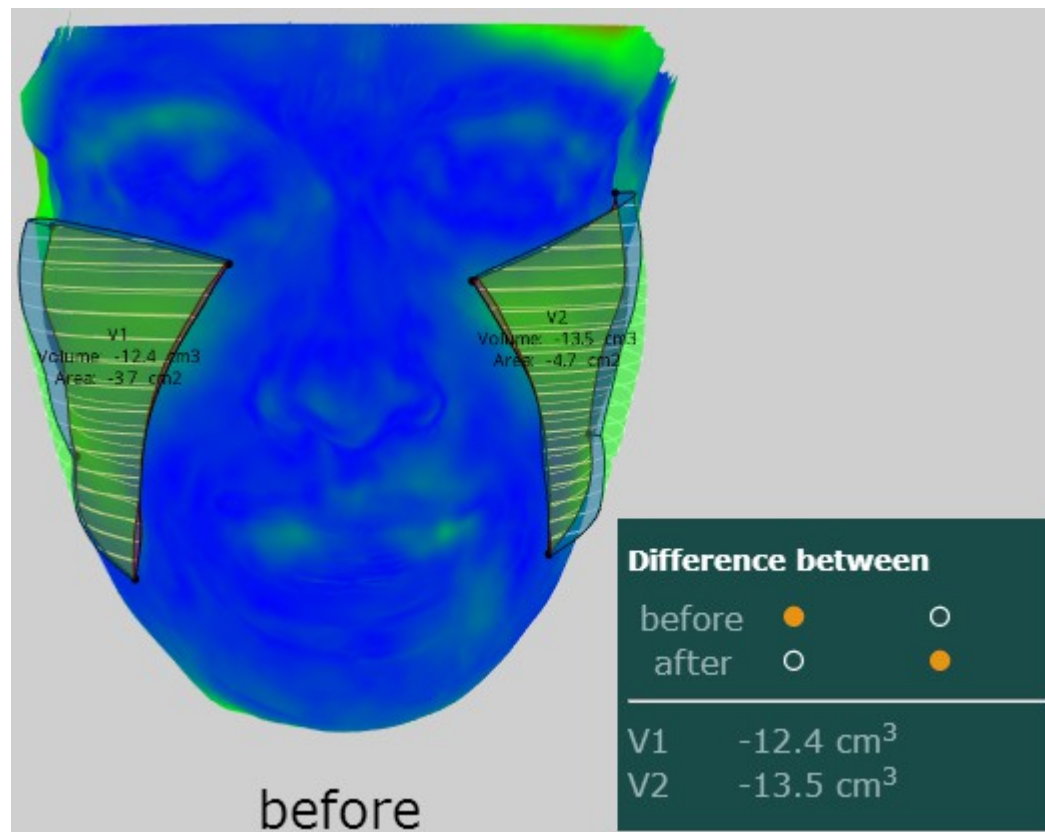
# Апробация



Модели до операции (before) и после (after)

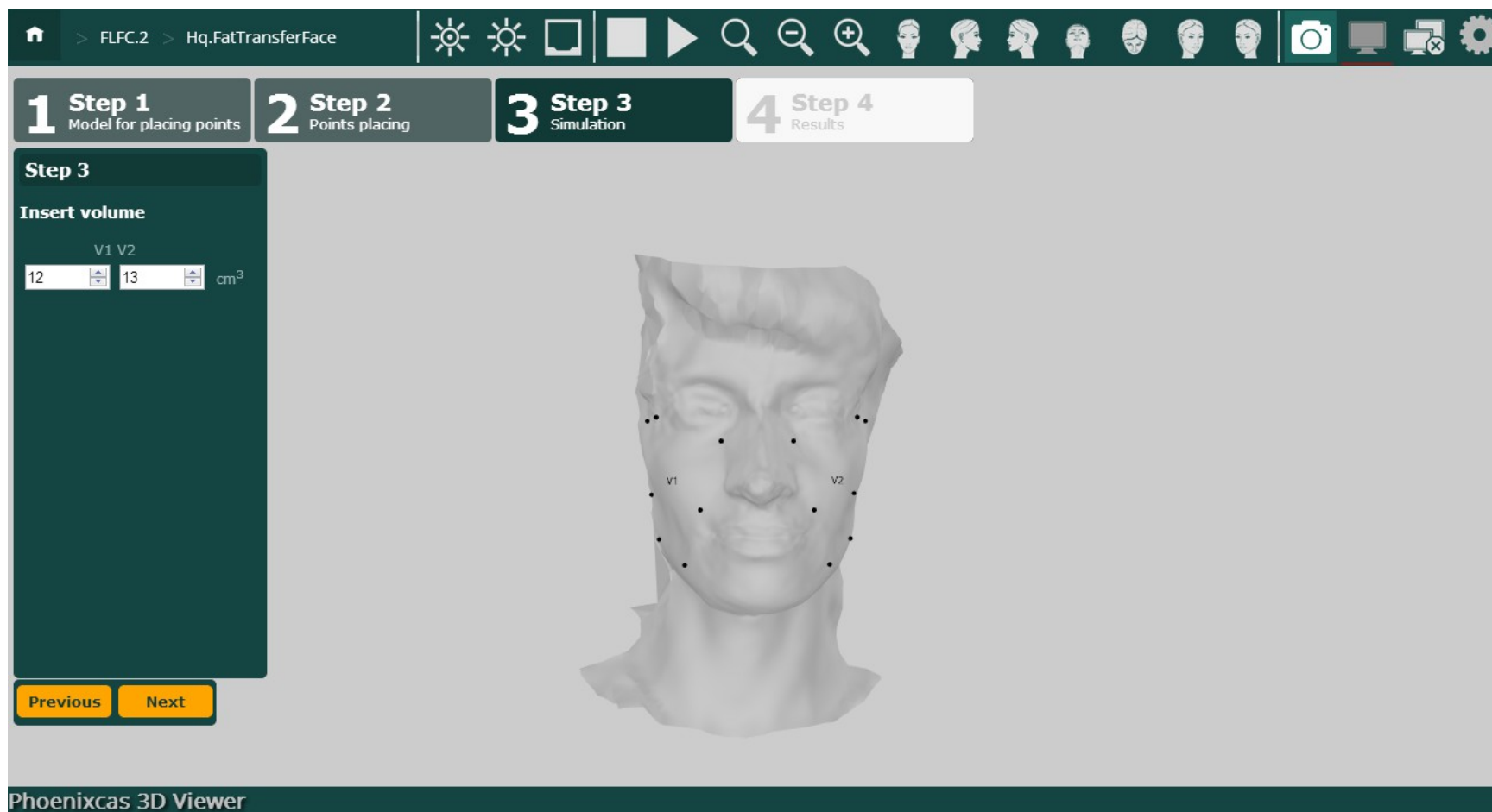


# Сравнение



Разница объемов моделей before и after

# Параметры симуляции



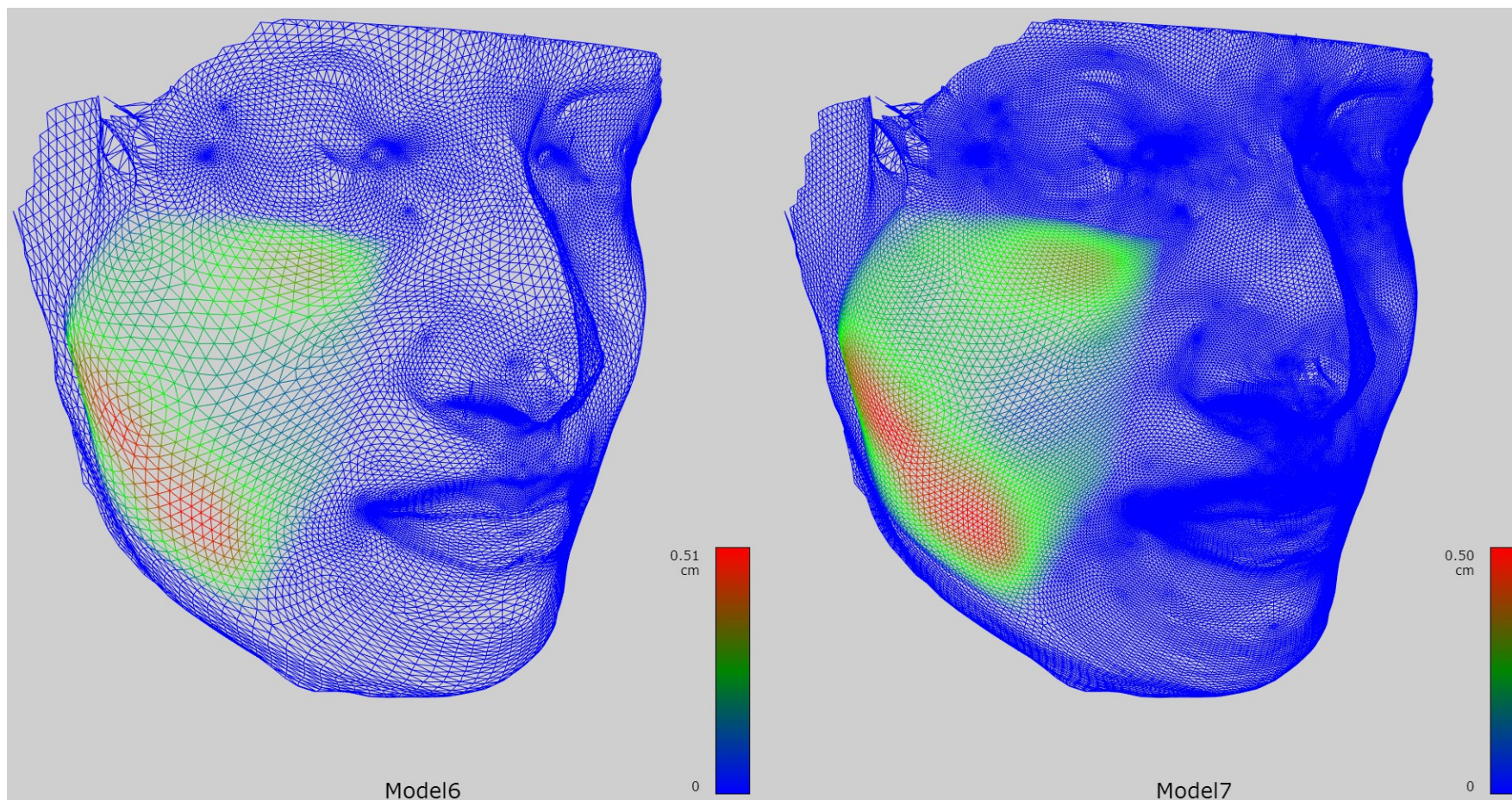
Третий шаг симуляции

# Результат симуляции



Модели до операции (before), после (after), результат симуляции (Model1)

# Пример (плотность сетки)



Слева — 2375 вершин (300 итераций), справа — 8417 вершин (600 итераций)



# Результаты

В систему планирования добавлены возможности симуляции результатов операции по трансплантации жировой ткани в области лица по трехмерной модели поверхности лица

- Реализована физическая модель деформации мягкого тела
- Разработан модуль симуляции результатов операции
- Проведена апробация модуля