

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Математико-механический факультет
Кафедра Системного Программирования

Устойчивая реконструкция скелета глубоководных кораллов из компьютерных томографических снимков на основе отслеживания

661 группа, Бояровски Стефан

научный руководитель:
Вахитов, Александр Тимурович
доцент кафедры СП

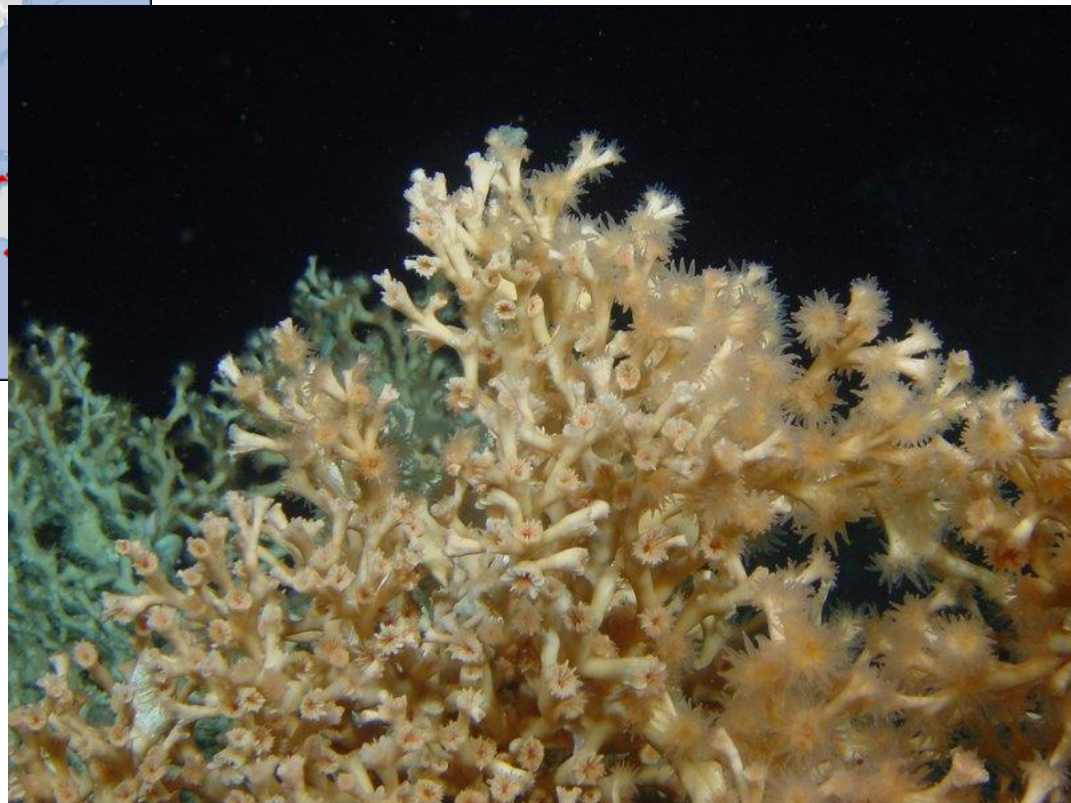
рецензент:
Петров, Александр Георгиевич
генеральный директор, ООО "Биомоделирование"

Санкт-Петербург, Июнь 2014

Введение

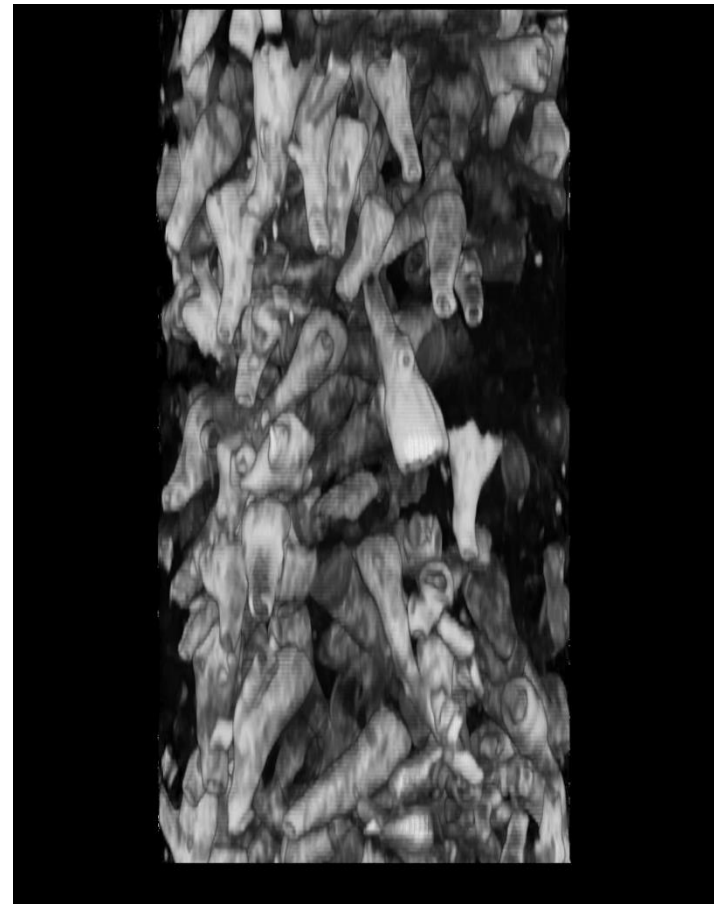


Известные
местонахождения
глубоководных кораллов



Глубоководные кораллы

Введение

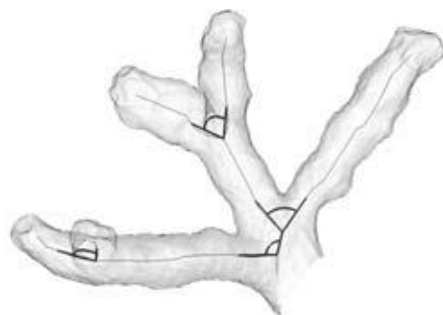


Компьютерно-томографическое
3Д изображение образца
зондирования кораллов

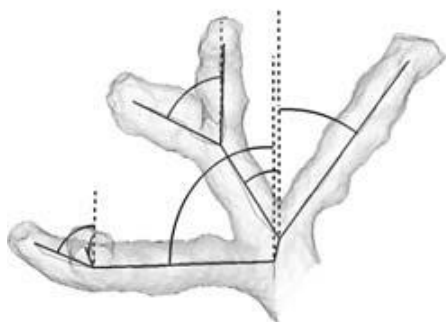
Морфологические характеристики коралла



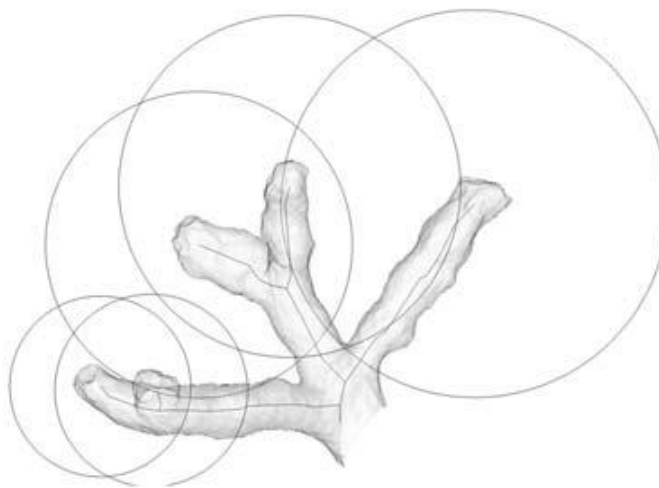
(a)



(b)



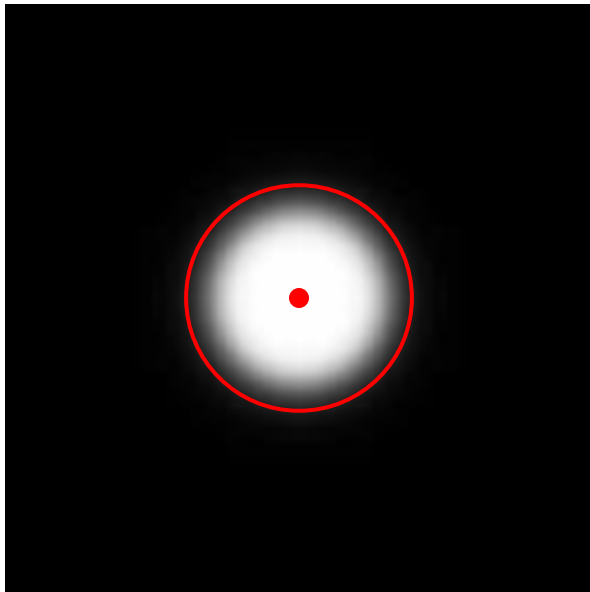
(c)



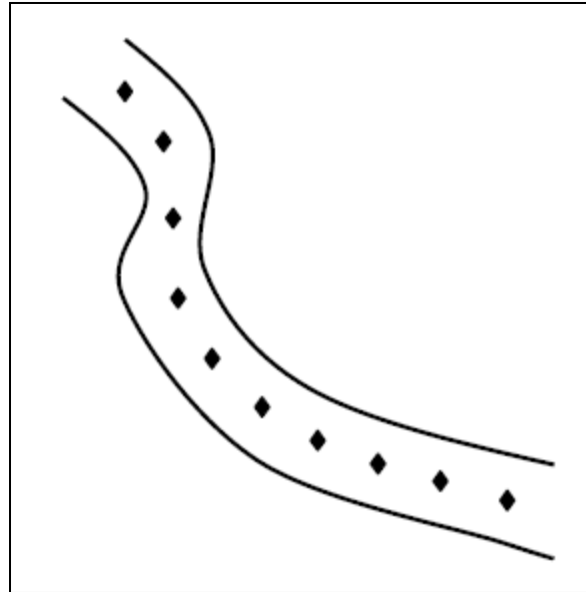
(d)

(a) Толщина веток; **(b)** Угол между ветками; **(c)** Угол относительно оси ОУ; **(d)** Диаметр сферы на концах веток;

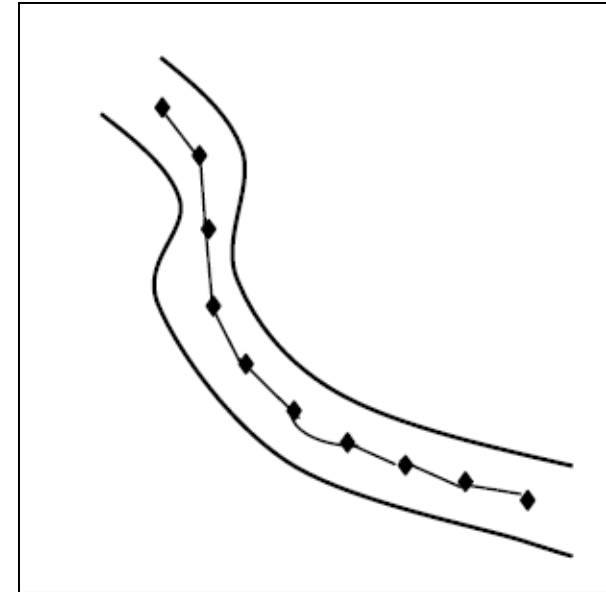
Определение скелета коралла



(a) Поперечное сечение одного сегмента коралла



(b) Множество точек скелета вдоль одного сегмента



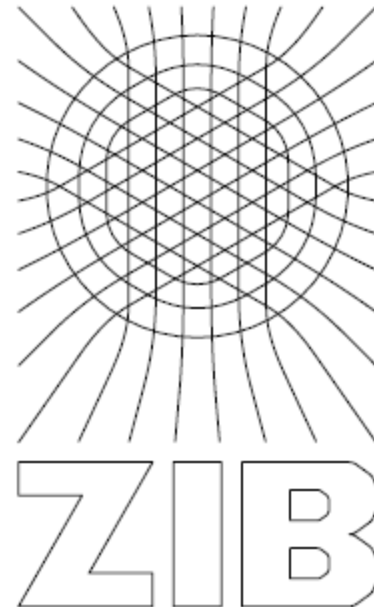
(c) Скелет коралла на одном сегменте

Постановка задачи

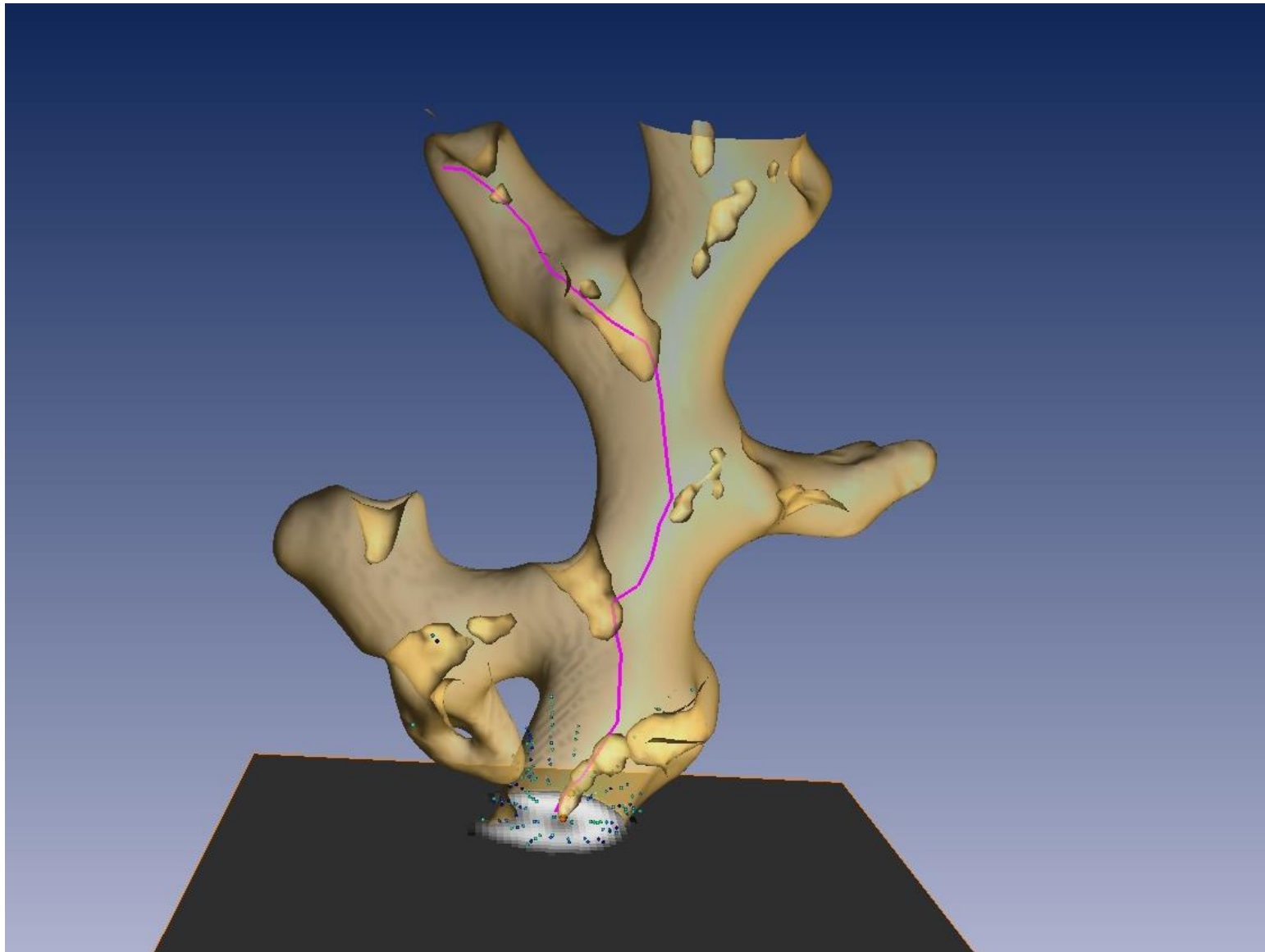
- Реализовать два из существующих алгоритмов реконструкции скелета на уровне искусства:
 - Алгоритм по Фриману
 - Алгоритм по Юреидини
- Приспособить алгоритмы к работе над кораллами
- Протестировать алгоритмы и сравнить результаты реконструкций скелетов

Проект – контекст работы

- Совместный проект
 - Центр морской экологии MARUM, Bremen
 - Институт Konrad Zuse Institute, Berlin
- Программный продукт ZIBAmira

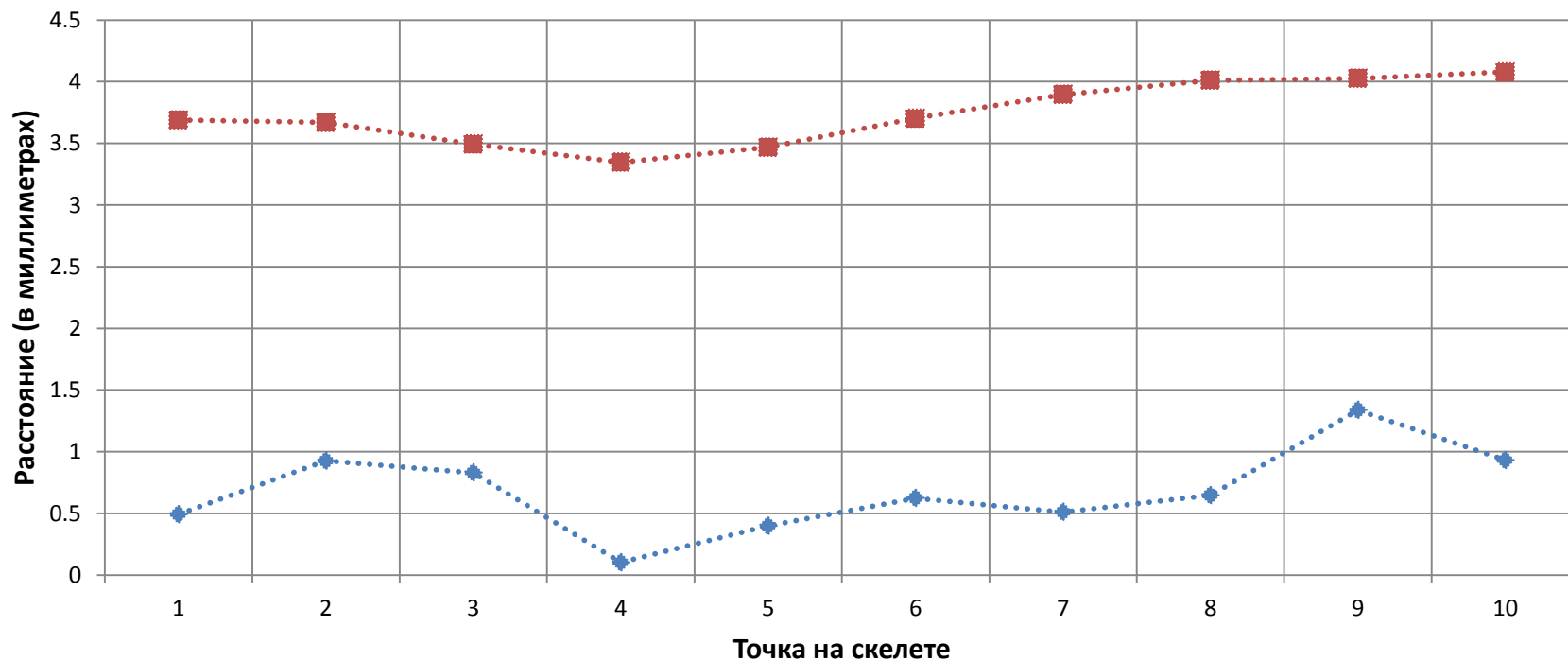


Результаты работы (Юреидини)



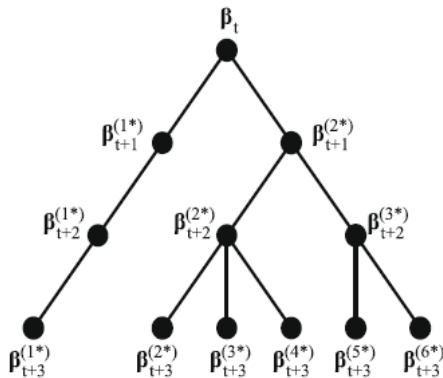
Результаты работы (Юреидини)

Оценка аппроксимации точек скелета



- Расстояние от аппроксимированной точки до геометрической медианы
- Среднее расстояние от точки скелета до стен коралла

Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



```
nextStepMHT()
```

```
{
```

```
    for each(leaf in the search tree)
```

```
    {
```

```
        create possible predictions for the leaf;  
        append the predictions to the search tree;
```

```
    }
```

```
}
```

```
pruneSearchTree()
```

```
{
```

```
    for each(leaf of the search tree)
```

```
    {
```

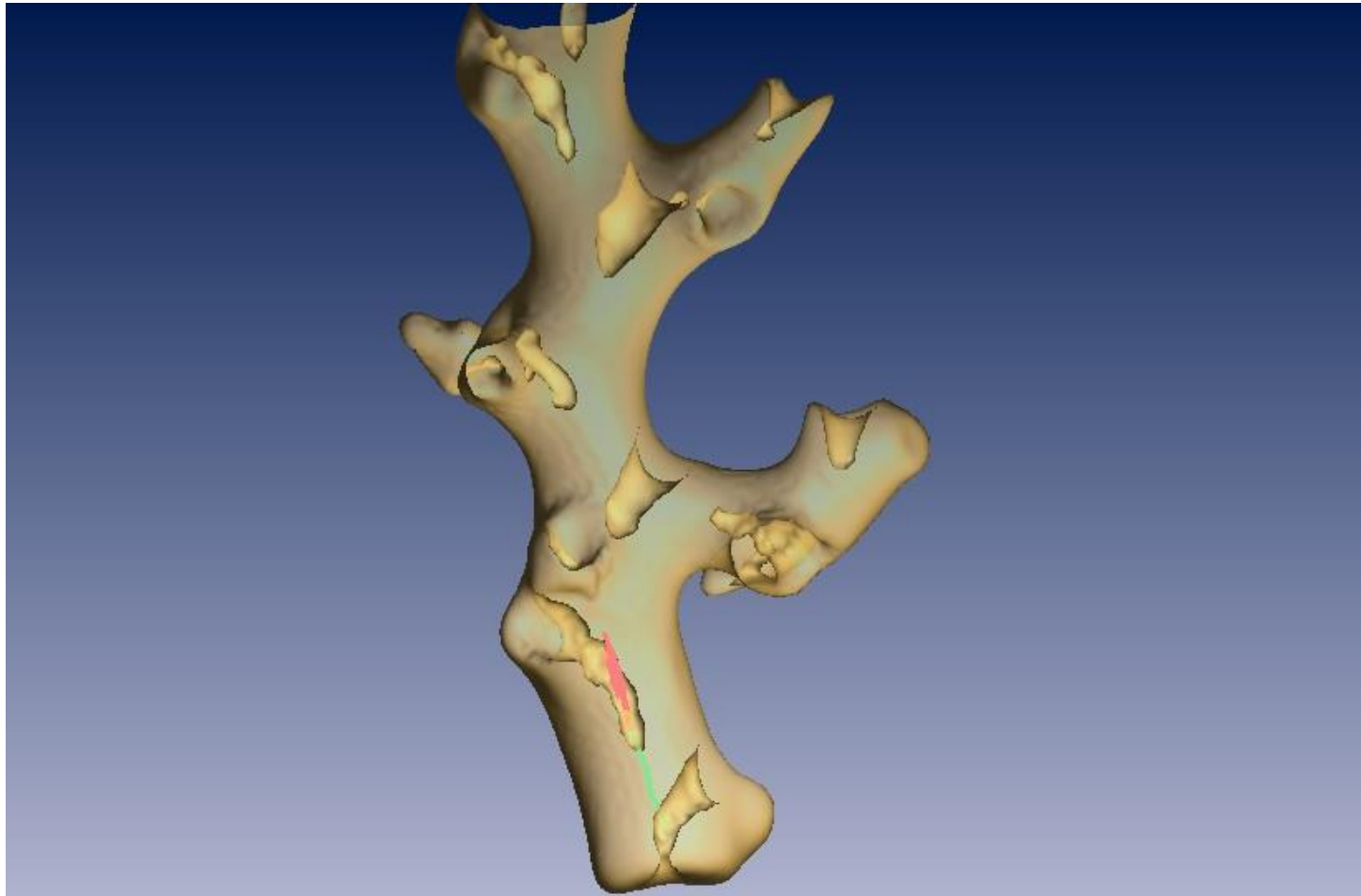
```
        calculate the sum of the scores along the path from the  
        root to the leaf;  
        remember the path with the maximal sum;
```

```
    }
```

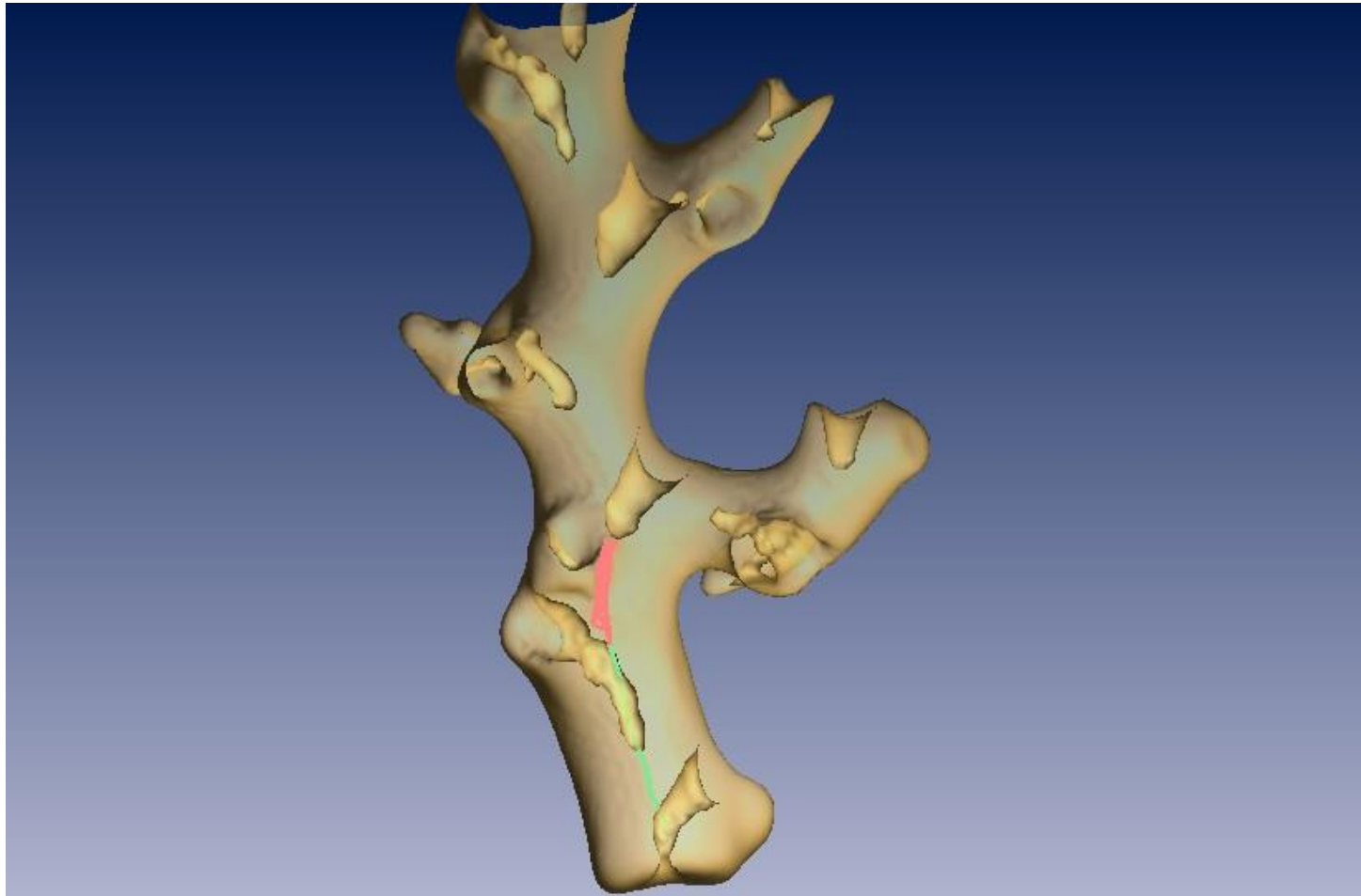
```
    select the child of the root node which lies on that path;  
    append that child node to the skeleton;  
    extract the subtree starting from that child node;  
    replace the search tree with the extracted subtree;
```

```
}
```

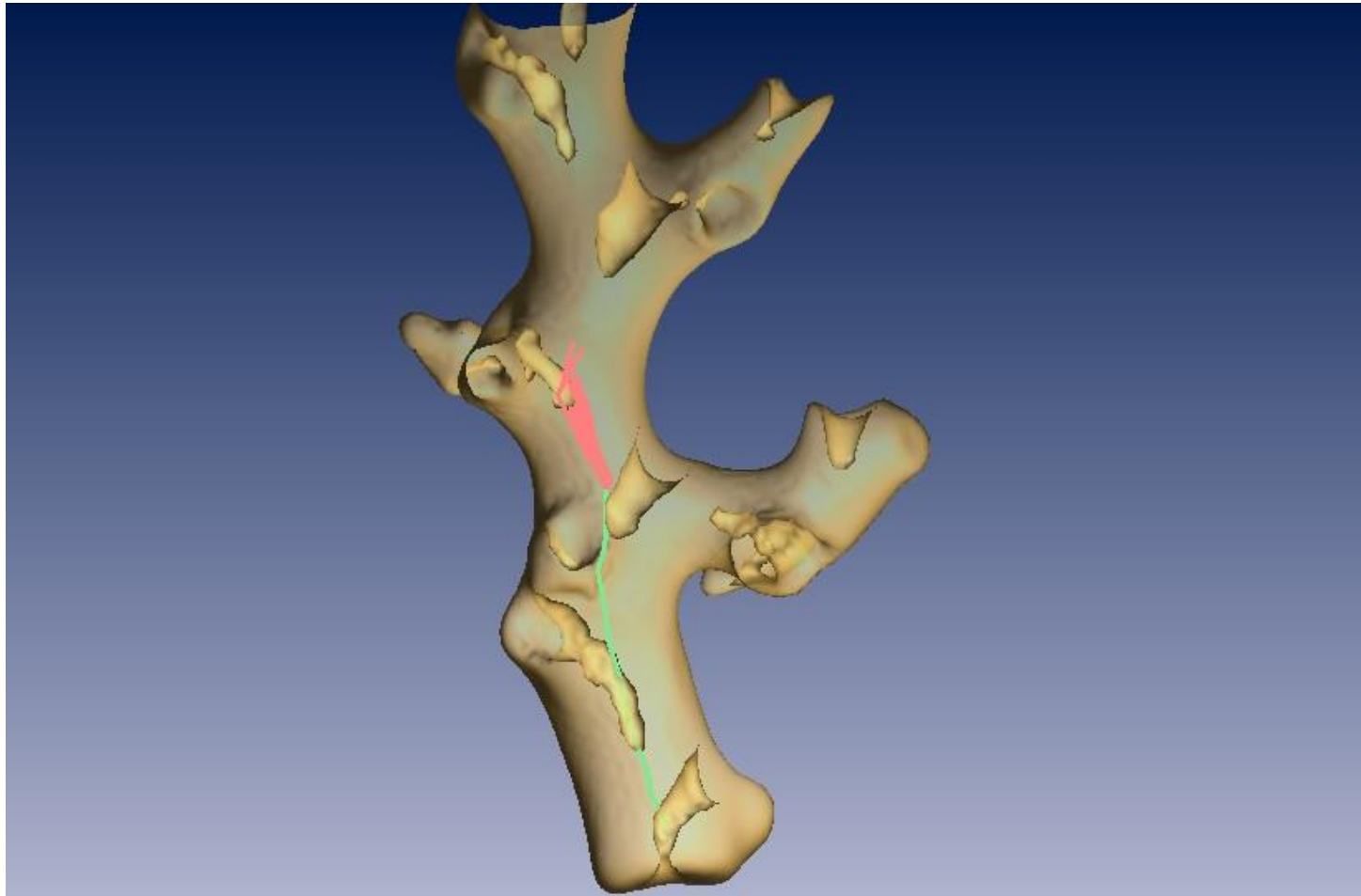
Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



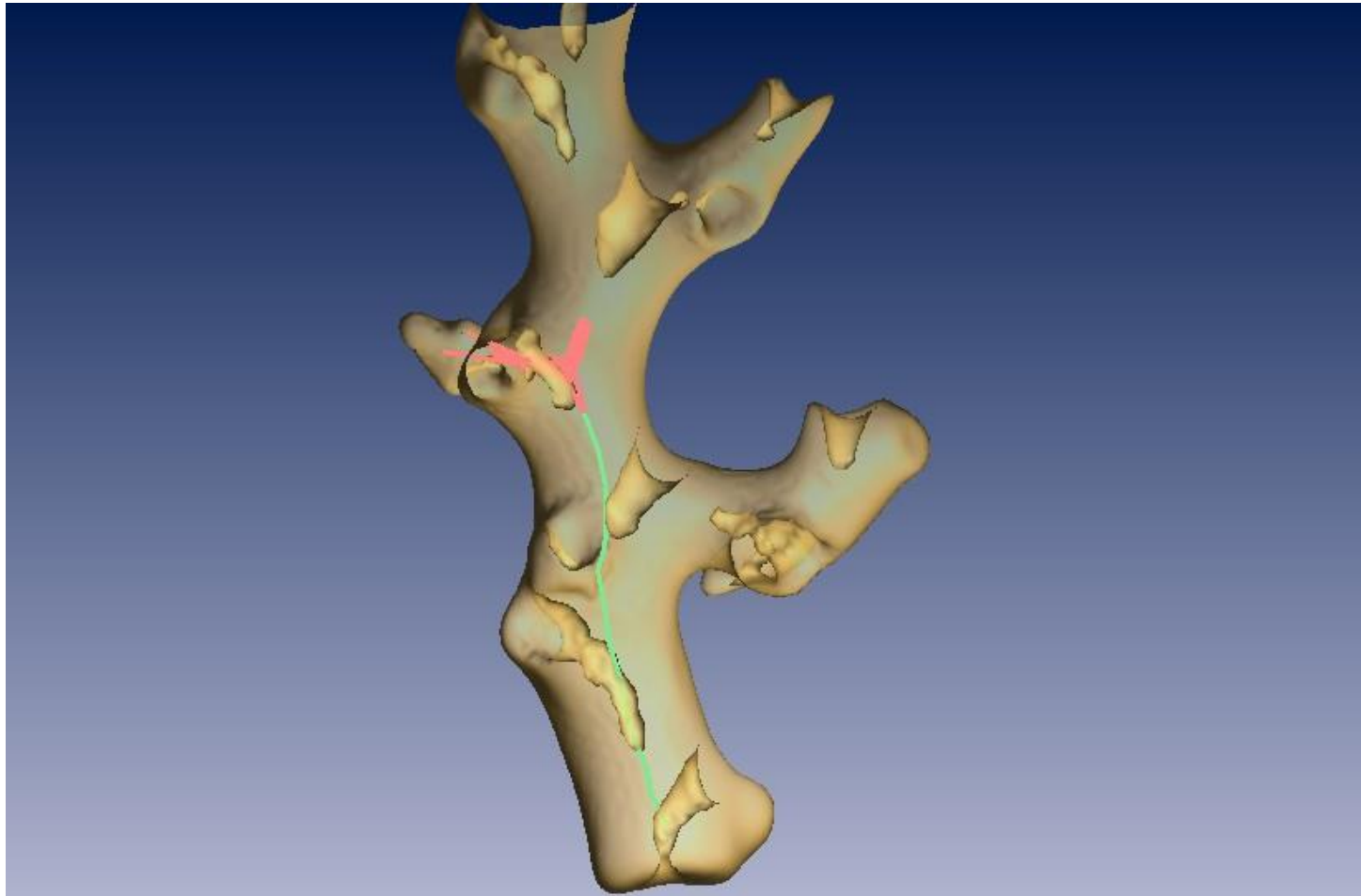
Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



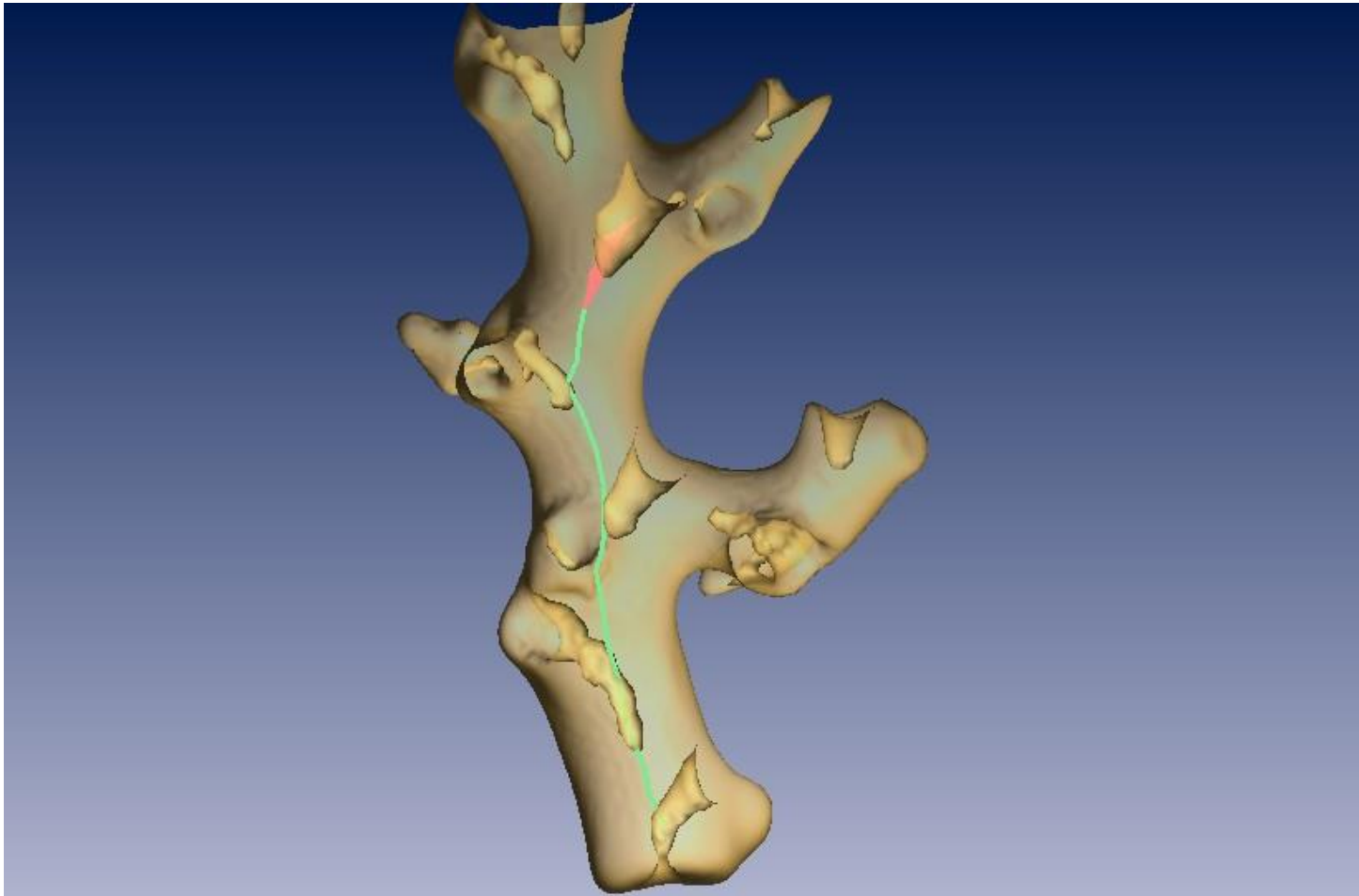
Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



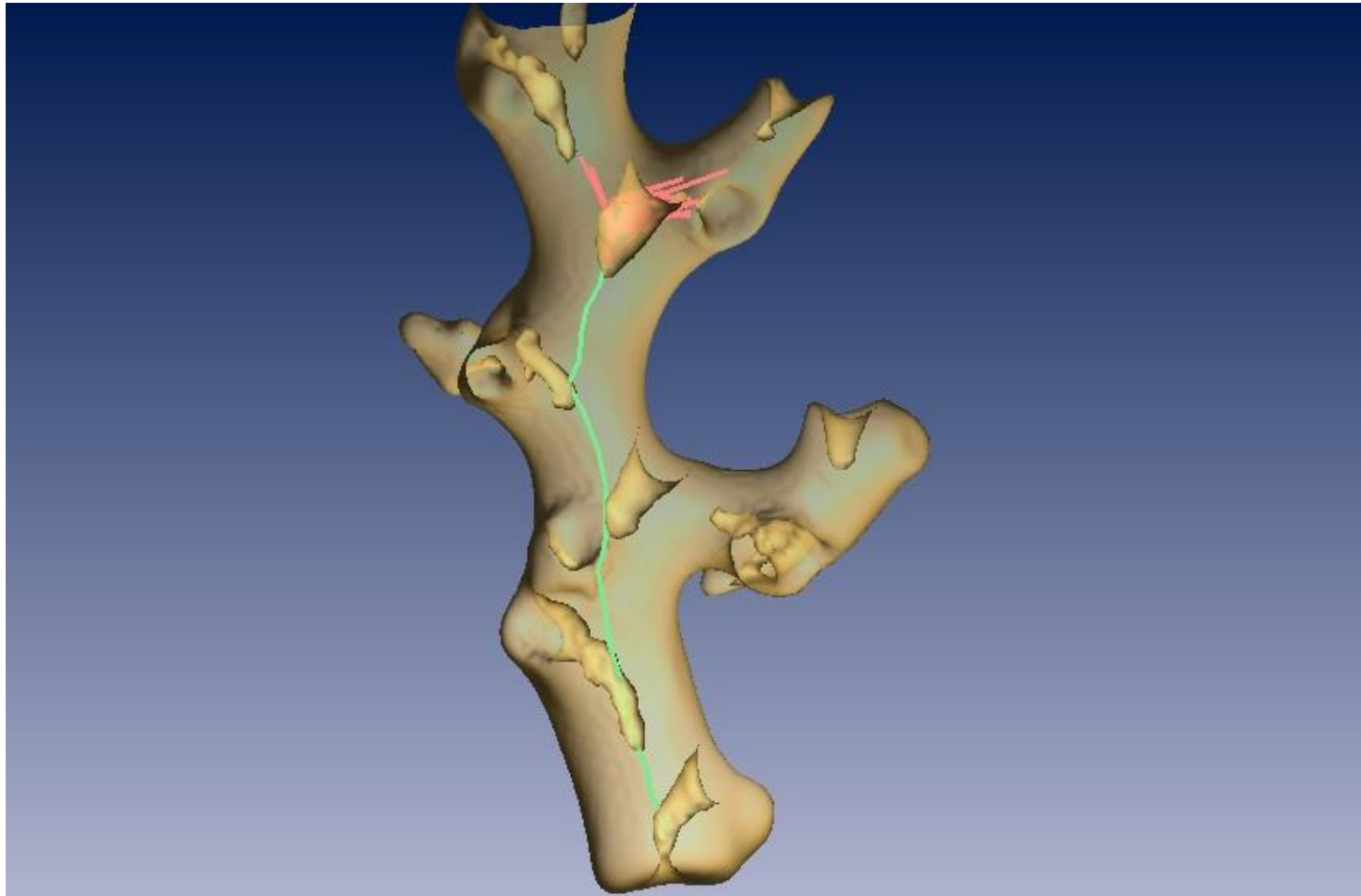
Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



Отслеживание с деревом поиска нескольких гипотез



Заключение

- Реализованы два модуля в программном продукте ZIBAmira
- Алгоритмы изменены и приспособлены к кораллам, содержащие полые части с разными радиусами.
- Алгоритм Фримана расходился при работе с полыми кораллами
- Алгоритм Юреидини работоспособен, и при работе с полыми кораллами даёт хорошие результаты
- Алгоритм Юреидини был надополнен с возможностью отслеживать с поиском нескольких гипотез, что позволяет автоматически обнаруживать разветвления в коралле

Реализация алгоритма Фримана



Поперечное
сечение
искусственного
полного коралла

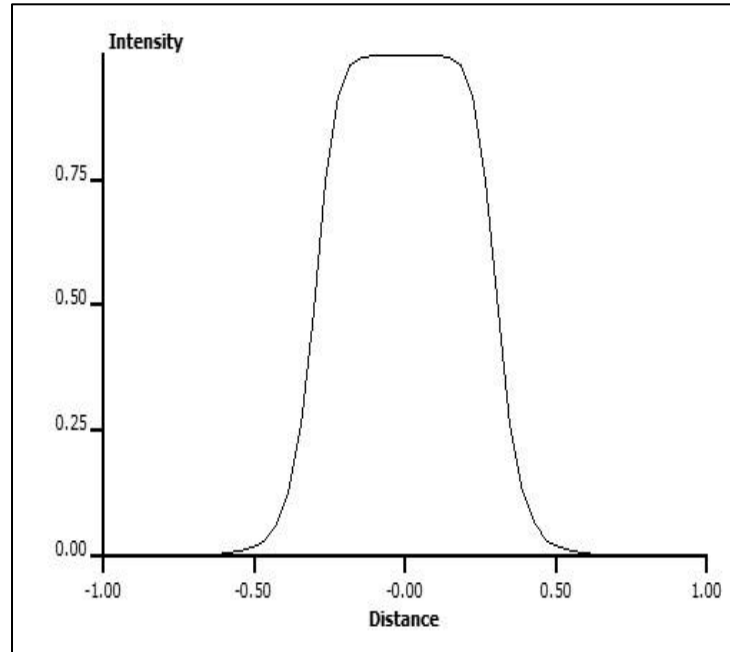
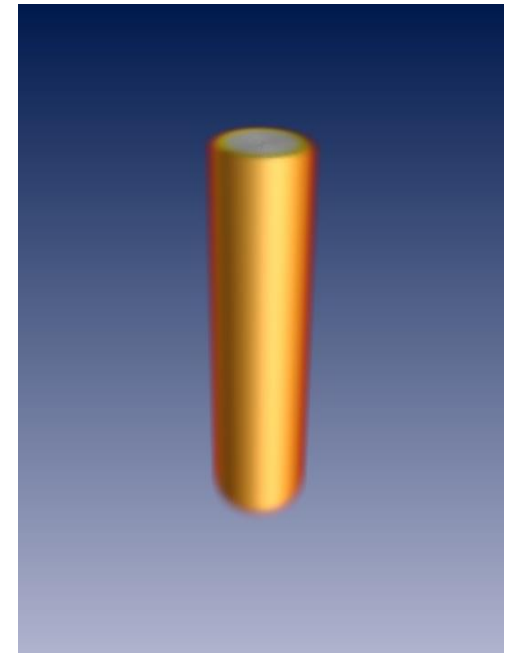


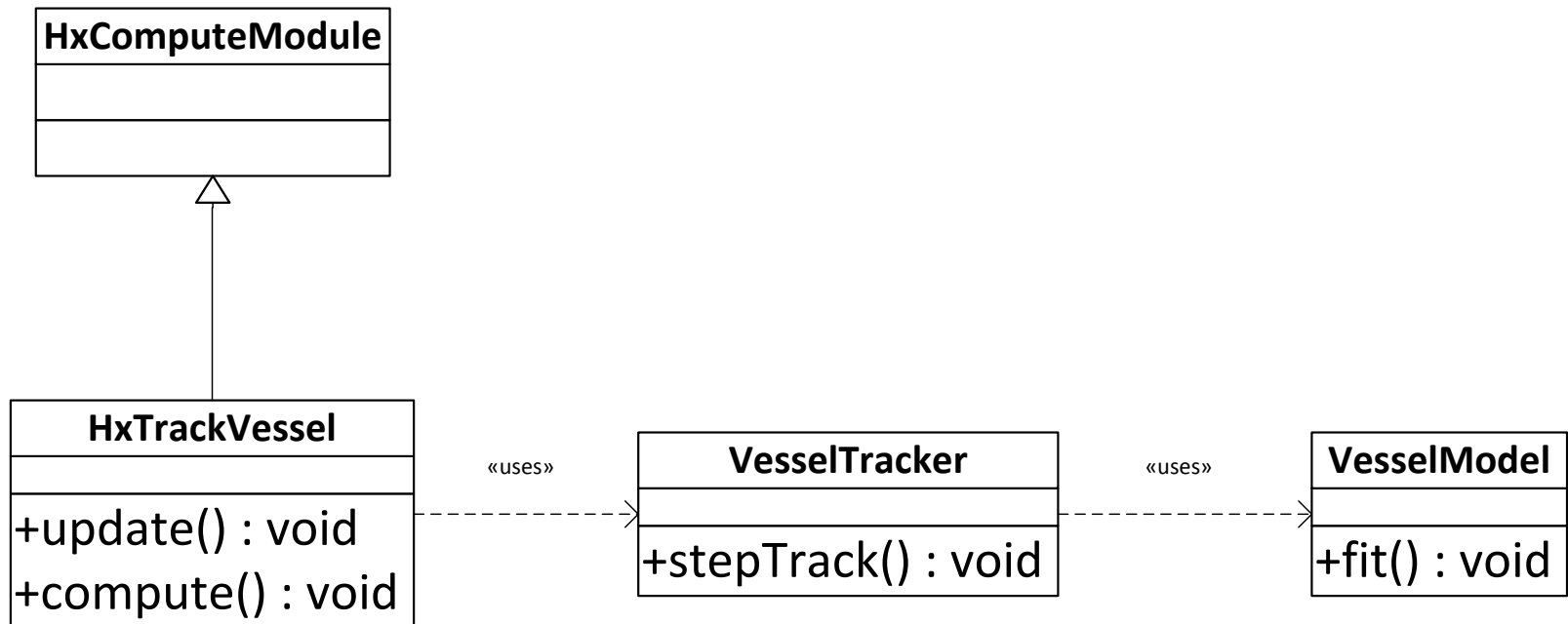
График профиля
интенсивности модели:

$$p(d^2; r) = \frac{r^\gamma}{(d^2)^{\frac{\gamma}{2}} + r^\gamma}$$

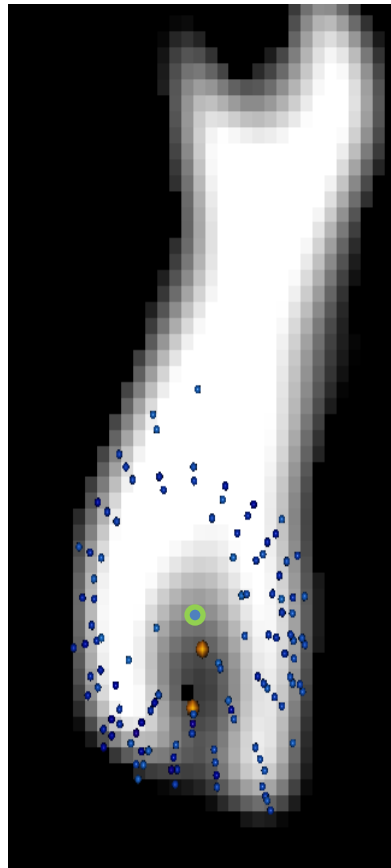
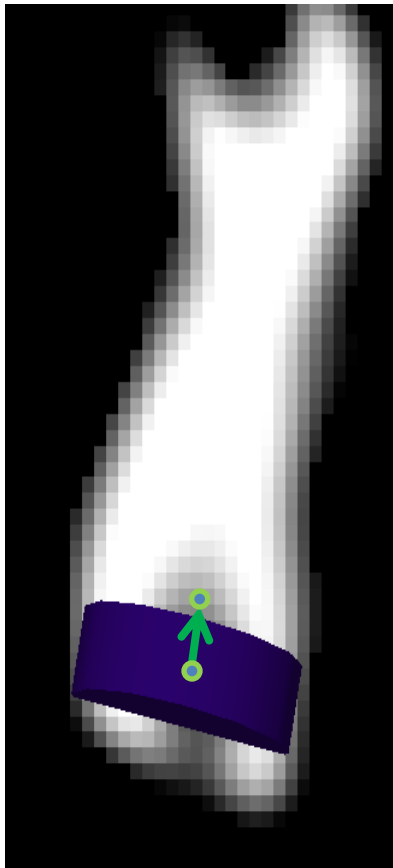


Объёмный
рендеринг
искусственного
полного коралла

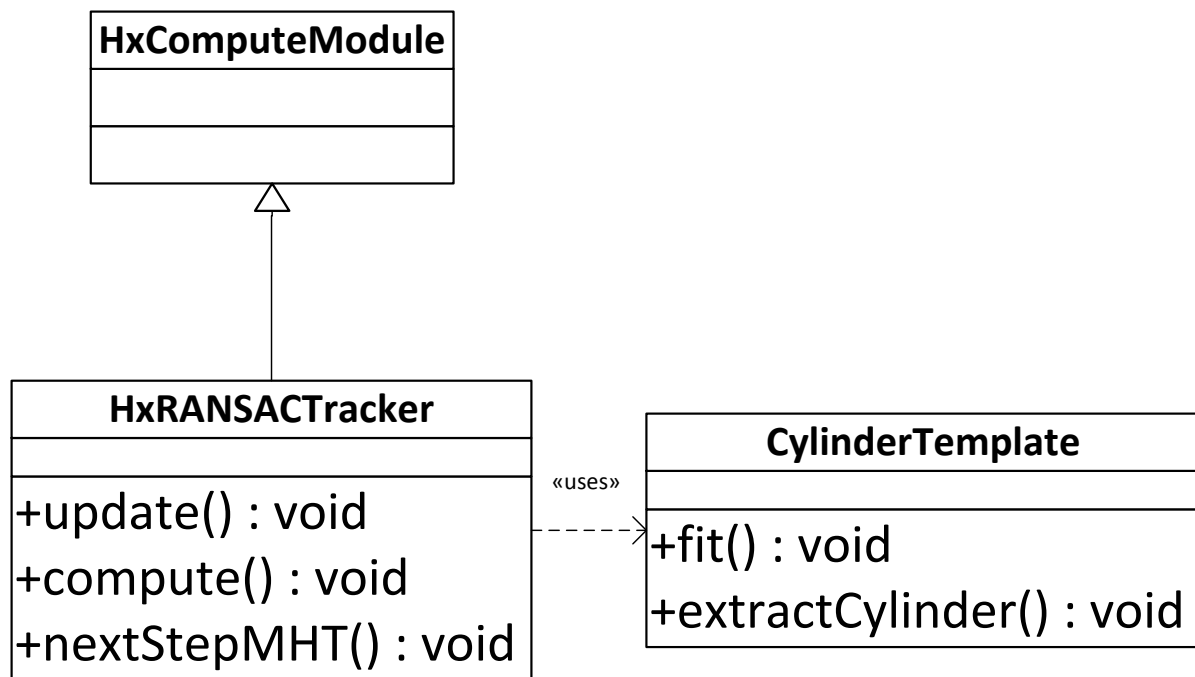
Реализация алгоритма Фримана



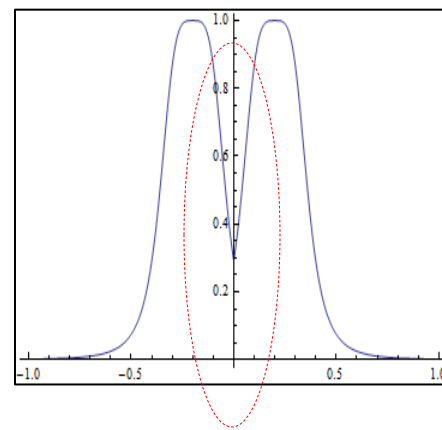
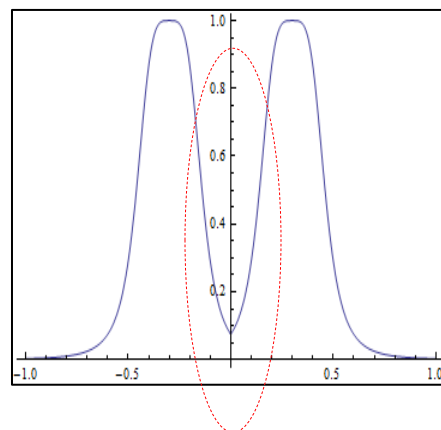
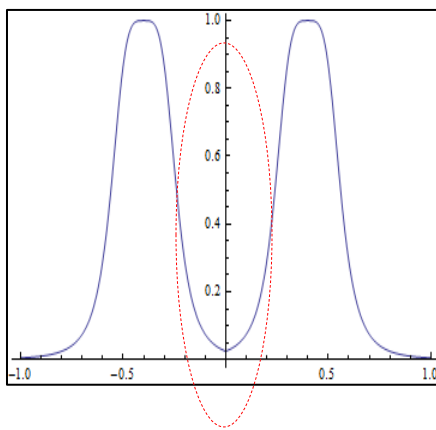
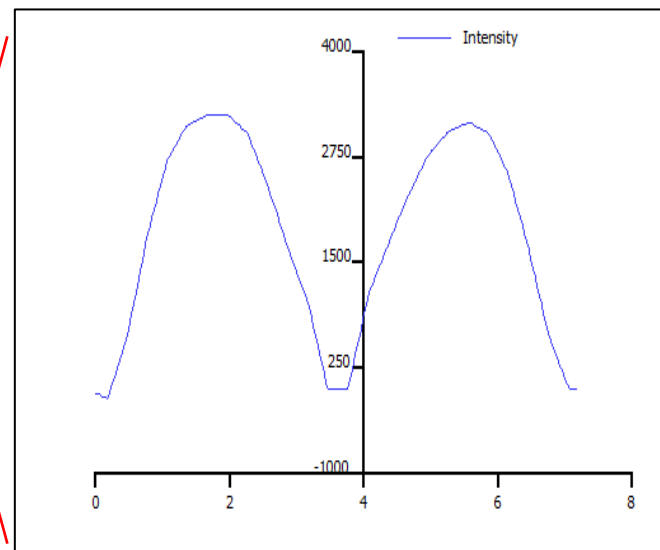
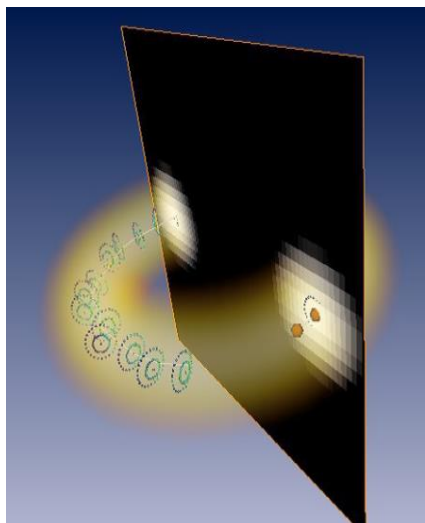
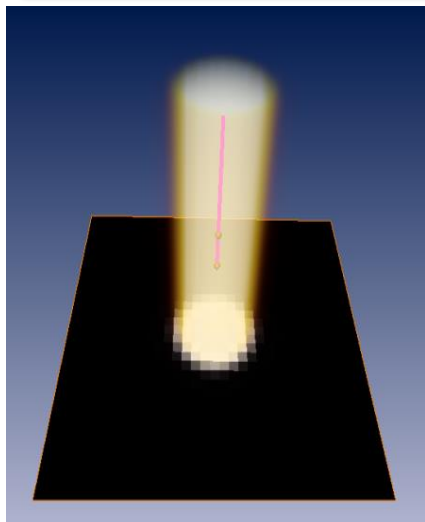
Реализация алгоритма Юреидини



Реализация алгоритма Юреидини



Результаты работы (Фриман)



Работа алгоритма отслеживания по Фриману над синтетическими полными кораллами

Актуальность работы

To whom it may concern

Stefan Bojarovski's work was embedded within a cooperation between MARUM – Center for Marine Environmental Sciences and ZIB – Zuse Institute Berlin. The main goal of the cooperation is an improved understanding of cold-water coral reefs, an important deep-marine ecosystem along the European continental margin, and their evolution through time by advanced computed tomography (CT) analysis. Thereby, the analysis of CT-scanned cold-water coral reef sediment cores focuses on the development of (i) a high-quality, three-dimensional coral clast segmentation and parameterisation, (ii) a growth direction analysis of individual corals, and (iii) a coral species and growth form analysis by supervised classification algorithms.

The master thesis of Stefan *Robust tracking-based skeleton reconstruction of cold-water corals from computer tomography images* concentrated on an algorithm to reconstruct the coral skeleton, which provides partly the basis for the above mentioned targets, especially target ii and iii. His results will contribute to a joined proposal of the above mentioned institutes to develop and apply this new methodology. I am very grateful for Stefan's work and wish him all the best for his future.

Kind regards,


Dr. Jürgen Titschack

Обнаруживание разветвлений

- Кластеризация координат точек в листьях дерева:

- Строится симметричная матрица $S_{ij} = S_{ji} = e^{-2 \frac{\|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|}{r_i + r_j}}$

- Выполняется спектральное разложение матрицы Лапласа

$$\mathbb{L} = \mathbb{D} - \mathbb{S} \quad , \text{ где матрица } \mathbb{D}_{ii} = \sum_j S_{ij}$$

- Для каждого кластера выбираются листья с максимальной оценки
- Если расстояния между ними больше чем текущего радиуса коралла, тогда произошло разветвление