

Разработка системы автоматического отслеживания перемещения группы лабораторных рыб

Студент: Липкин Евгений Олегович

Научный руководитель: Куликов Виктор Александрович

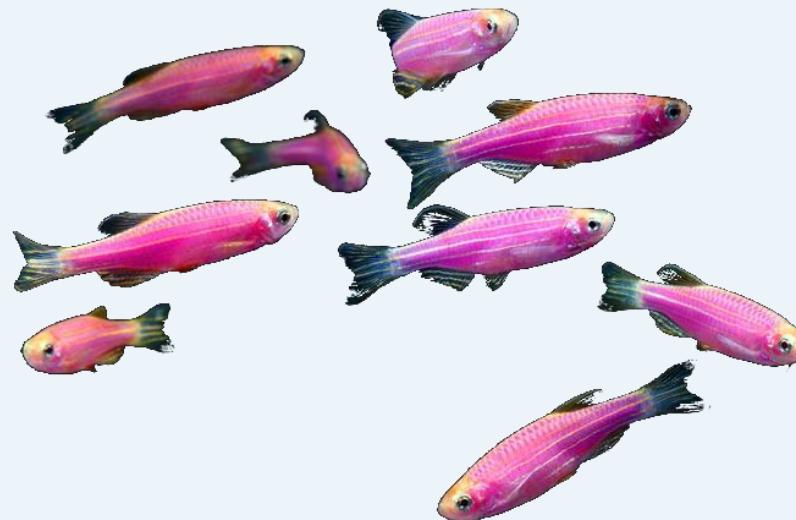
Институт автоматики и электрометрии СО РАН

Лаборатория цифровых методов обработки изображений



Проблема

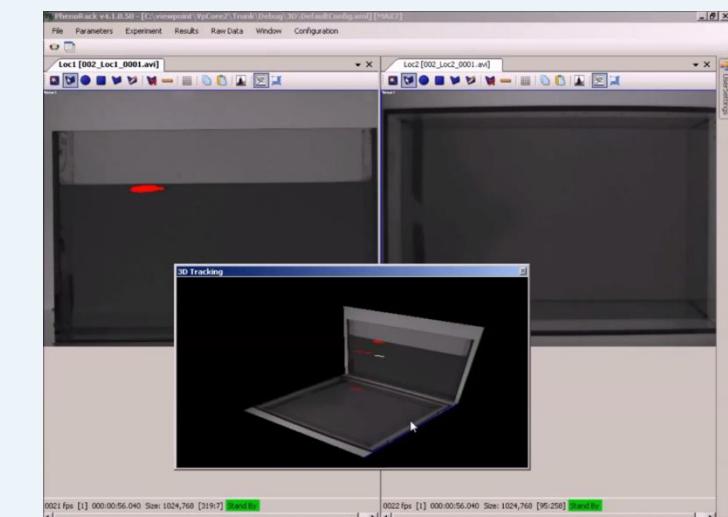
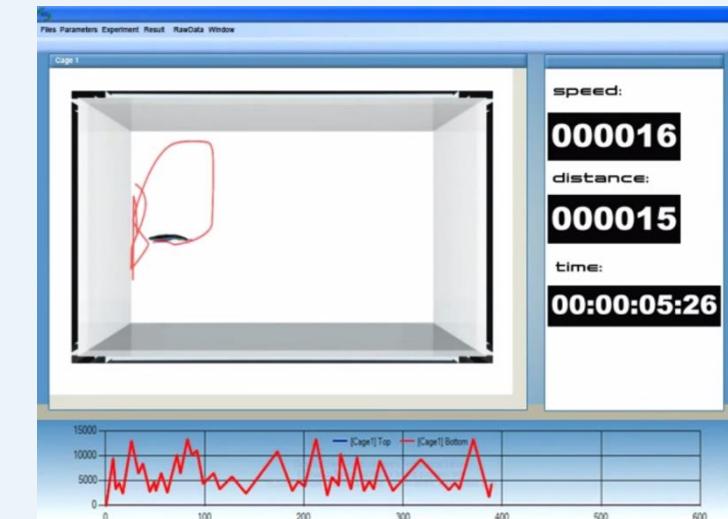
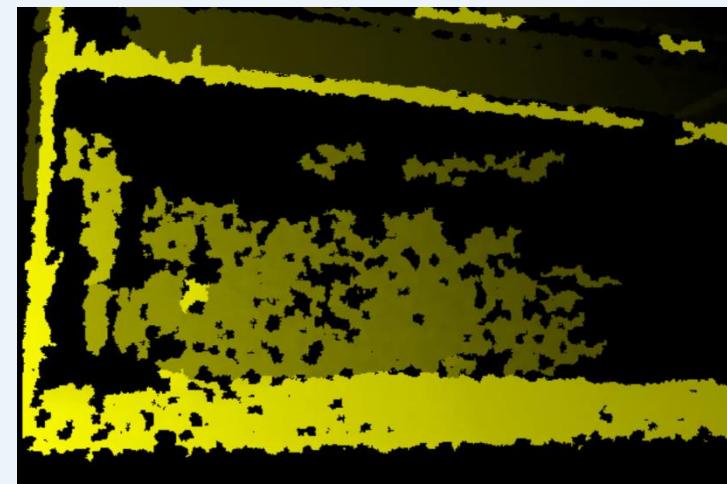
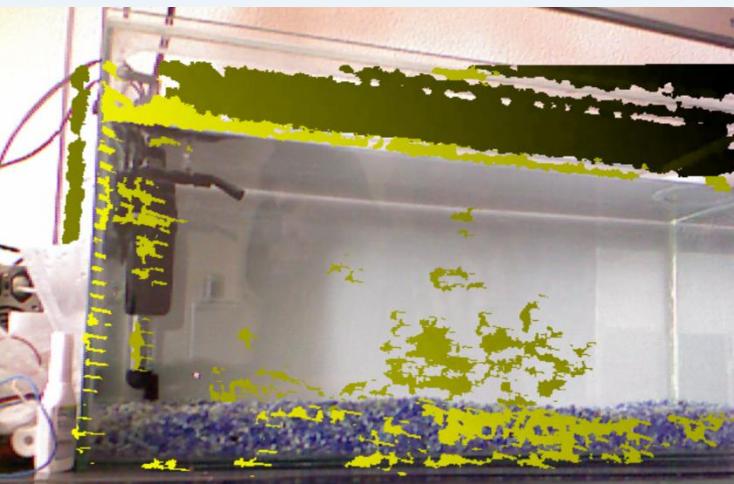
У ЛИН СО РАН существует задача автоматического отслеживания перемещения группы лабораторных рыб для изучения акустической чувствительности.



Актуальность

Существующие системы определяют:

- ❖ двухмерные координаты рыб;
- ❖ трехмерные координаты одной рыбы.



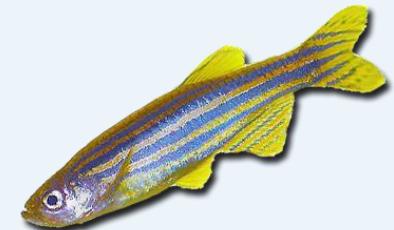
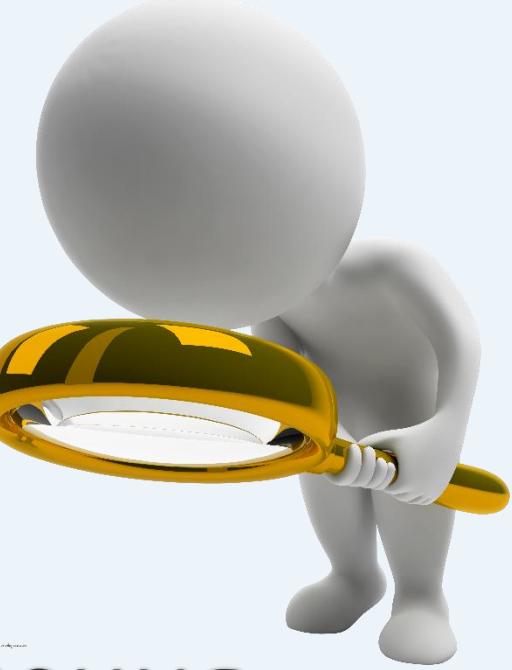
Решение

Разработка системы автоматического
отслеживания перемещения группы
лабораторных рыб



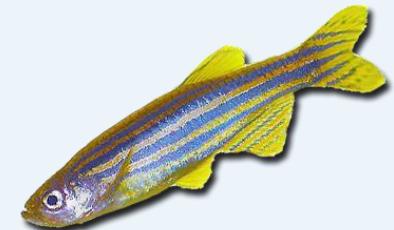
Цель

Разработка инструментария получения
трехмерных координат лабораторных рыб



Задачи

- ❖ Проанализировать проблему;
- ❖ Выявить требования к системе;
- ❖ Разработать и сконструировать аппаратную часть системы;
- ❖ Реализовать программное обеспечение, способное вычислять трехмерные координаты рыб;
- ❖ Разработать визуализацию перемещения лабораторных рыб в трехмерном пространстве.



Требования

Аппаратная часть системы состоит из:

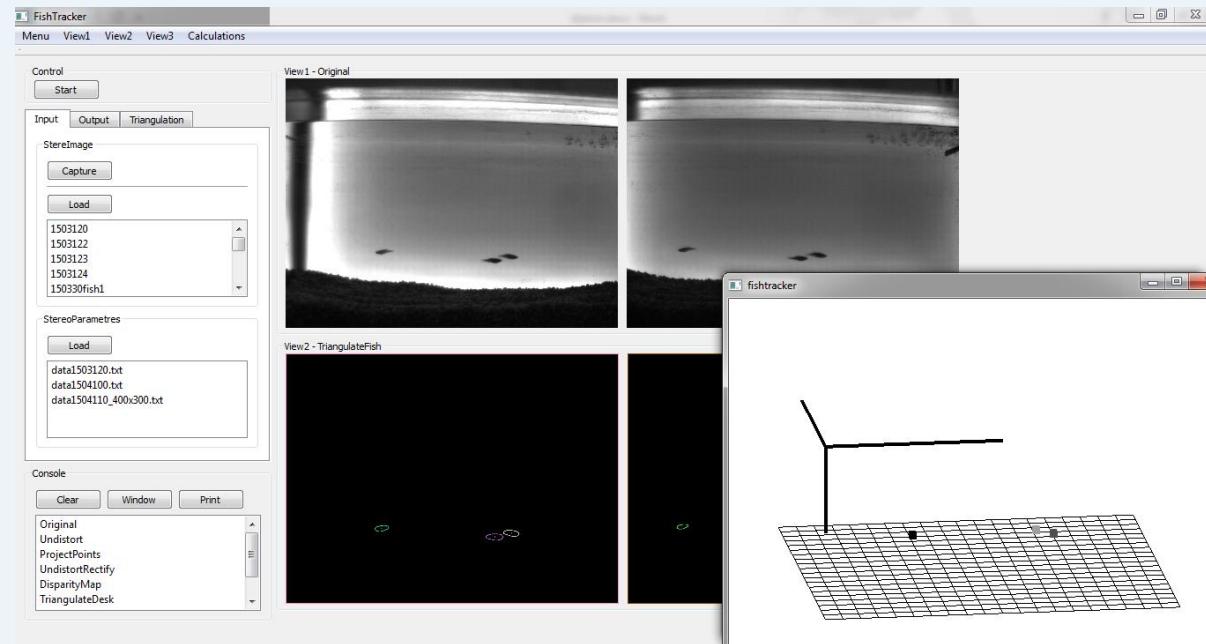
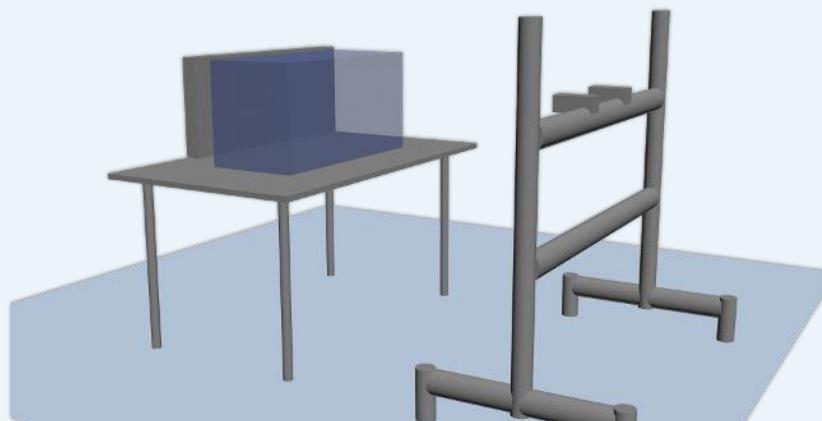
- ❖ стойки для камер,
- ❖ системы освещения,
- ❖ аквариума,
- ❖ оборудования для обеспечения жизнедеятельности в аквариуме,
- ❖ компьютера.

Программная часть системы состоит из:

- ❖ инструментария для получения трехмерных координат трех взрослых особей вида данио-рерио;
- ❖ визуализации их в трехмерном пространстве.

Разработка

- ❖ Аппаратная часть системы;
- ❖ Программная часть системы.



Аппаратная часть системы

- ❖ Компьютер,
- ❖ Две камеры Point Grey Flea3 FL3-U3-32S2M,
- ❖ Стойка для камер,
- ❖ Система освещения,
- ❖ Аквариум.

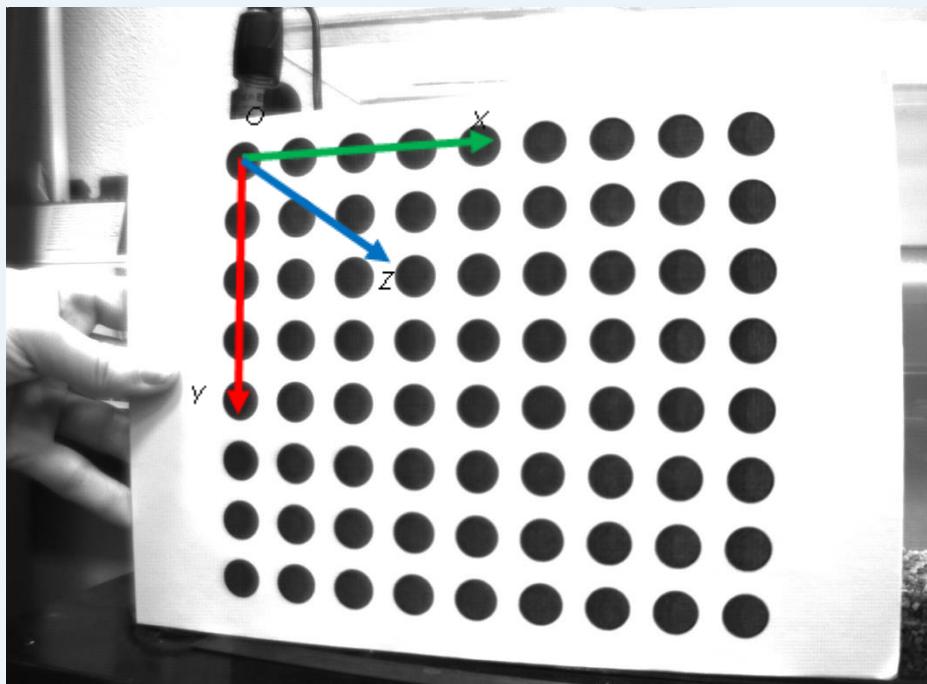


Программная часть системы

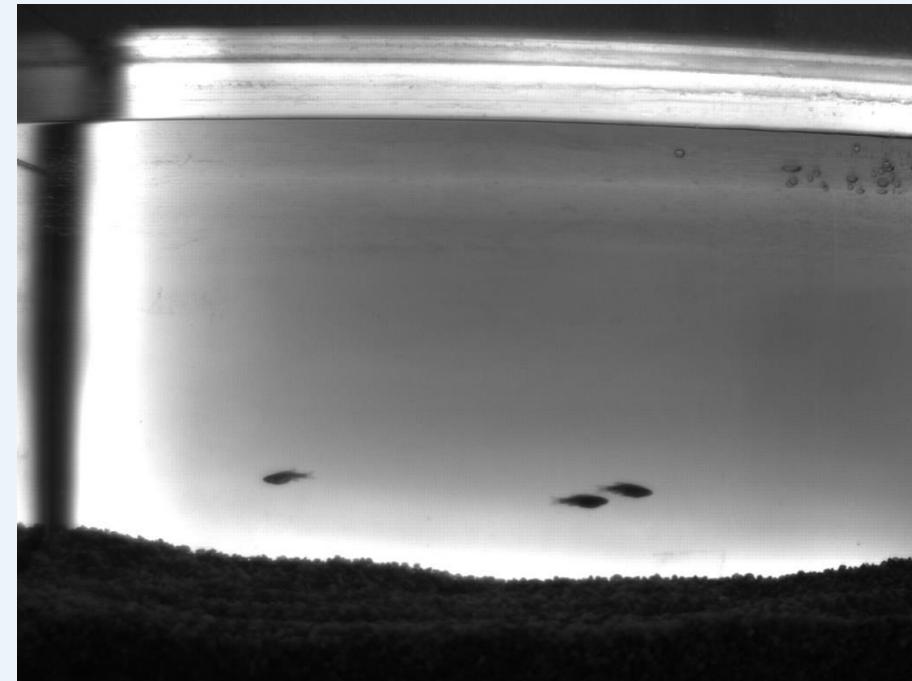


Глобальная система координат

Калибровочная доска – доска с закрашенными кругами в прямоугольной сетке размером 9 * 8



Пример изображения с видеокамеры. На кадре заснят аквариум с тремя лабораторными рыбами. На дне аквариума лежит гравий, а справа вверху можно заметить пузыри от компрессора

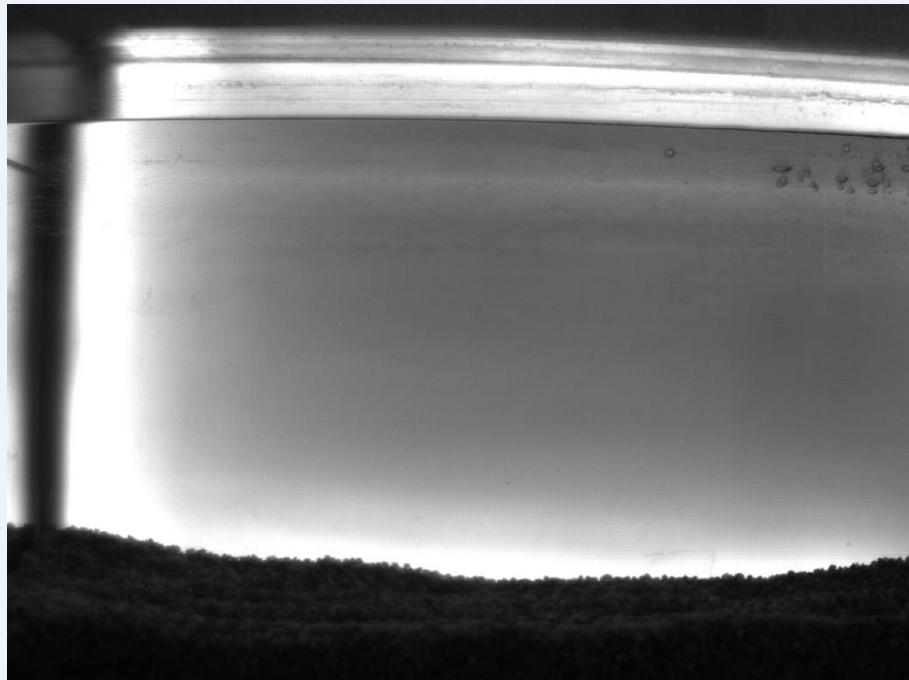


Поиск движущихся объектов

- ❖ Построение фона;
- ❖ Вычитание фона;
- ❖ Устранение шума.

$$BG(x, y) = median_{t=1..50}(I(x, y, t))$$

Размытие изображения является усреднением по прямоугольной области размером ($w * h$).

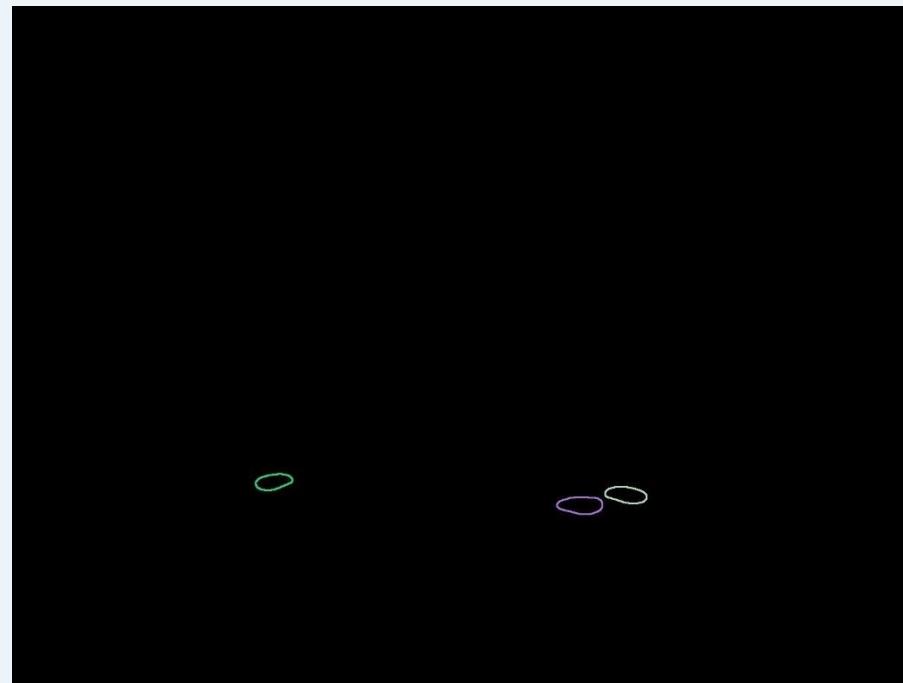
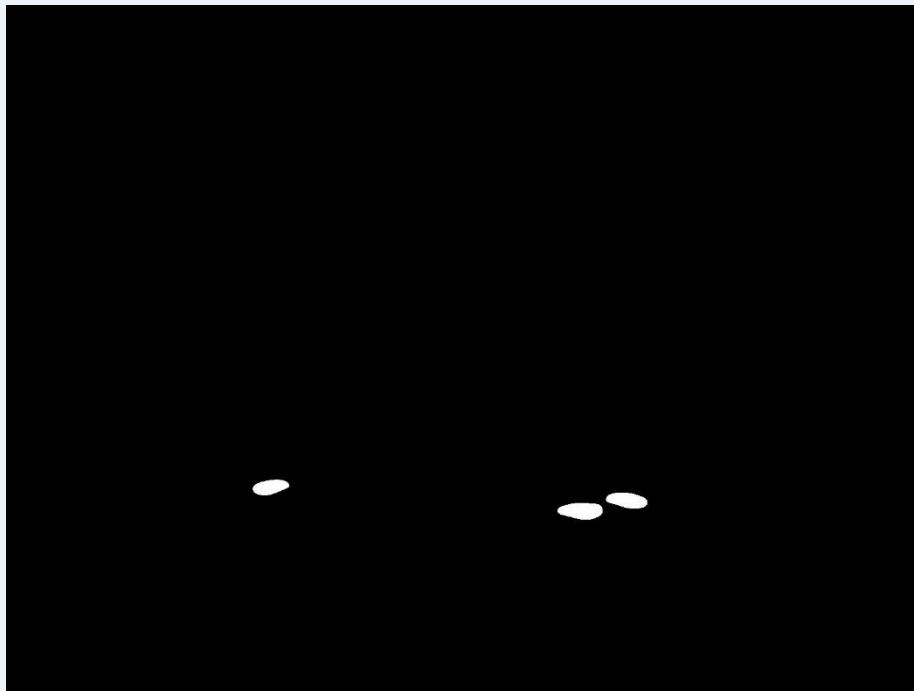


Поиск движущихся объектов

- ❖ Пороговая бинаризация;
- ❖ Поиск связных областей;
- ❖ Фильтрация связных областей по площади.

$$B(x, y, t) = \begin{cases} 1, & \text{если } |I(x, y, t) - BG(x, y)| \geq m \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

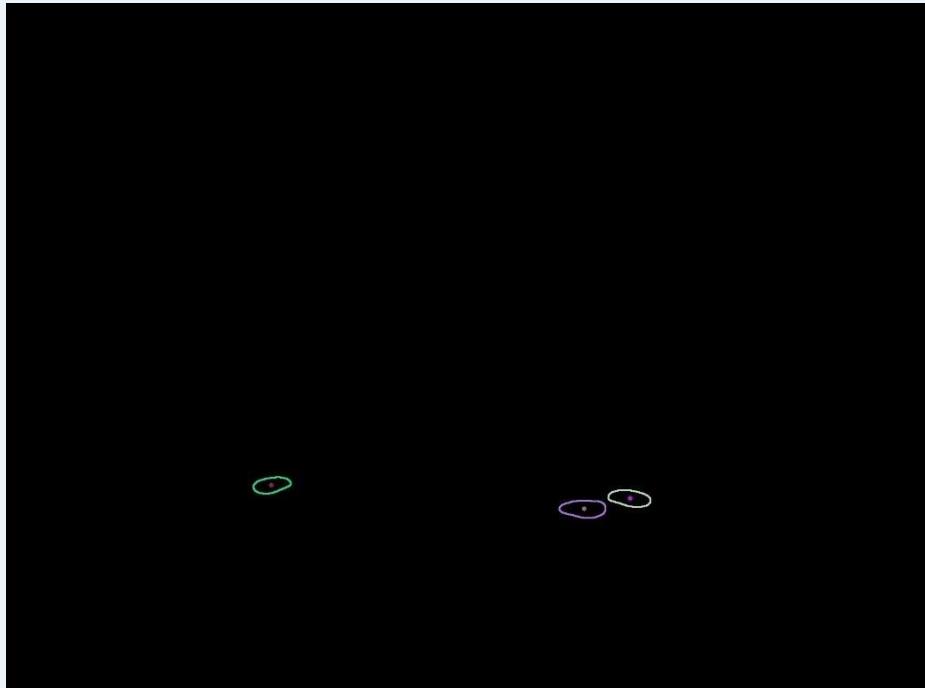
$$L(x, y, t) = \begin{cases} 0, & \text{если } B(x, y, t) = 0 \\ k, & \text{если } B(x, y, t) \in \text{связной области с индексом } k \end{cases}$$



Поиск координат движущихся объектов

- ❖ Поиск центров масс связных областей;
- ❖ Устранение оптических искажений.

$$x_{corrected}(k, t) = x_c(k, t)(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + (2p_1 y_c(k, t) + p_2(r^2 + 2x_c(k, t)^2))$$
$$y_{corrected}(k, t) = y_c(k, t)(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + (p_1(r^2 + 2y_c(k, t)^2) + 2p_2 x_c(k, t)))$$



$$x_c(k, t) = \frac{1}{S(L', k, t)} \sum_x \sum_y x(L'(x, y, t) = k)$$

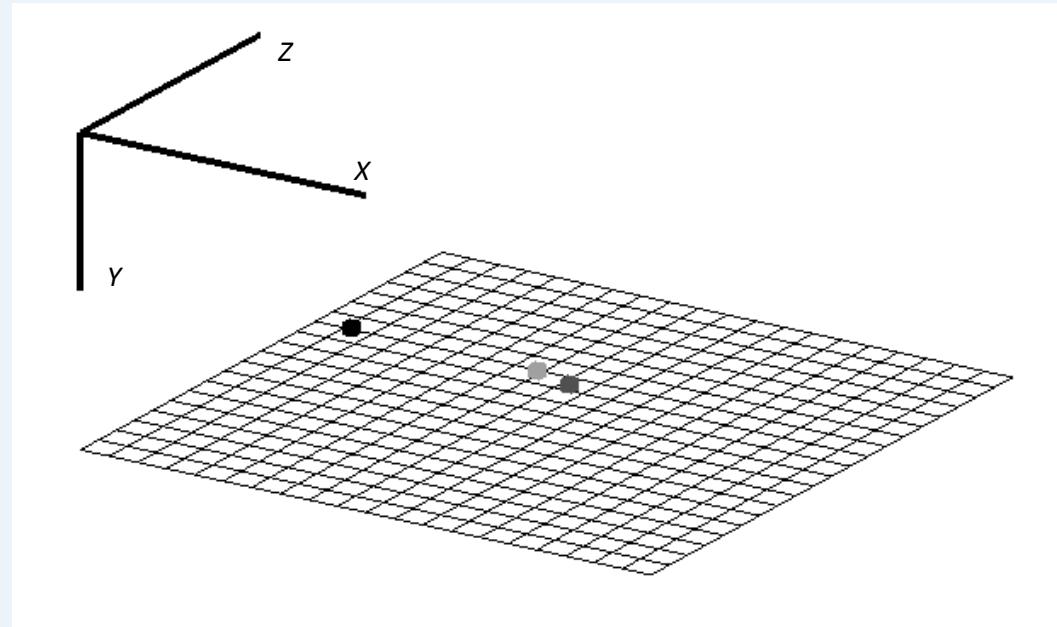
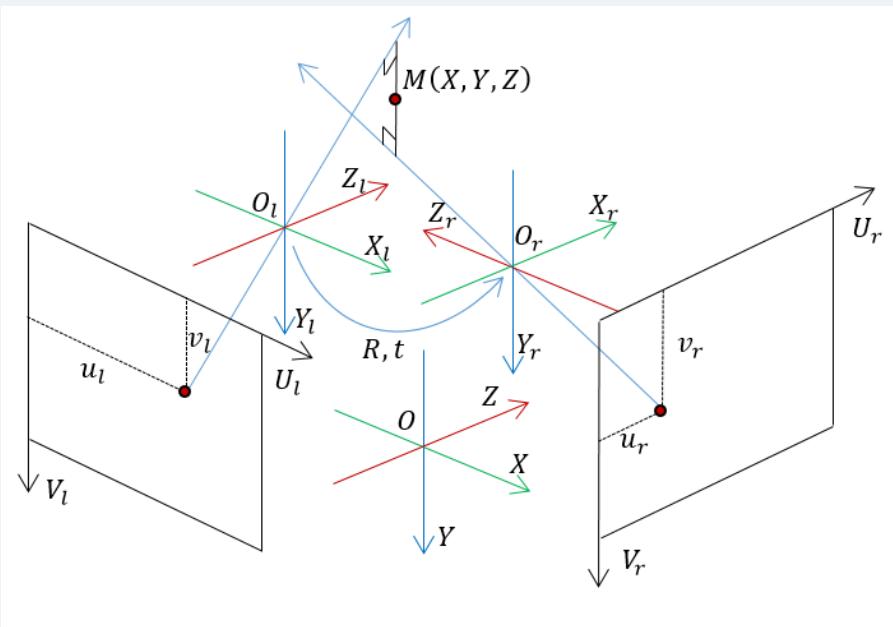
$$y_c(k, t) = \frac{1}{S(L', k, t)} \sum_x \sum_y y(L'(x, y, t) = k)$$

Триангуляция

- ❖ Сопоставление объектов;
- ❖ Оценивание трехмерных координат;
- ❖ Визуализация.

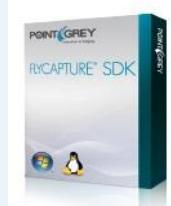
$$\begin{pmatrix} Z_l \\ Z_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_l^T (A_l^{-1})^T A_l^{-1} p_l & -p_l^T (A_l^{-1})^T R^T A_r^{-1} p_r \\ -p_l^T (A_l^{-1})^T R A_r^{-1} p_r & p_r^T (A_r^{-1})^T A_r^{-1} p_r \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -p_l^T A_l^{-1} \\ p_r (A_r^{-1})^T \end{pmatrix} t$$

$$\begin{pmatrix} M_l \\ M_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_l^T (Z_l A_l^T p_l - t_l) \\ R_r^T (Z_r A_r^T p_r - t_r) \end{pmatrix}$$



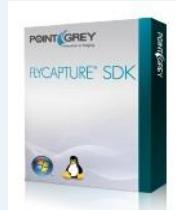
Результаты

- ❖ Разработана система, позволяющая получать трехмерные координаты трех аквариумных рыб с точностью до 0.5 мм и визуализирующая их в трехмерном пространстве.
- ❖ Частота работы алгоритма составляет 25 кадров в секунду на компьютере с техническими характеристиками: операционная система Windows 7, процессор AMD Phenom II x6 1055T 2.8 ГГц, 8 ГБ ОЗУ, видеокарта NVIDIA GeForce GTS 450 с 4 ГБ памяти и 100 МБ свободного места на жестком диске.



Результаты

- ❖ Проанализирована проблема;
- ❖ Выявлены требования;
- ❖ Разработана и сконструирована аппаратная часть системы;
- ❖ Реализован алгоритм вычисления трёхмерных координат объектов;
- ❖ Разработана визуализация объектов.



Апробация работы

- ❖ Публикация в тезисах на МНСК 2015;
- ❖ Диплом третьей степени на МНСК 2015.



Спасибо за внимание!