

II Международная конференция «Природоподобные/природосообразные технологии нового технологического уклада»

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРИРОДОПОДОБНАЯ ИМИТАЦИЯ МЕХАНИКИ РЫБ В ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДЕ ОБИТАНИЯ



Авторы:

к.т.н. Ражев Алексей Олегович

к.т.н., доцент Недоступ Александр Алексеевич

Багрова Анастасия Артуровна

Докладчик:

к.т.н. Ражев Алексей Олегович

Введение

В настоящее время информационные технологии широко применяются для моделирования биологических систем. Компьютерная имитация процессов живой природы – **природоподобная технология**.



Введение

Выращивание рыбы в искусственных водоемах является одним из приоритетных направлений в аквакультуре. Для увеличения рыбопродуктивности и уменьшения затрат необходимо поддержание наиболее благоприятных условий выращивания в искусственной среде обитания:

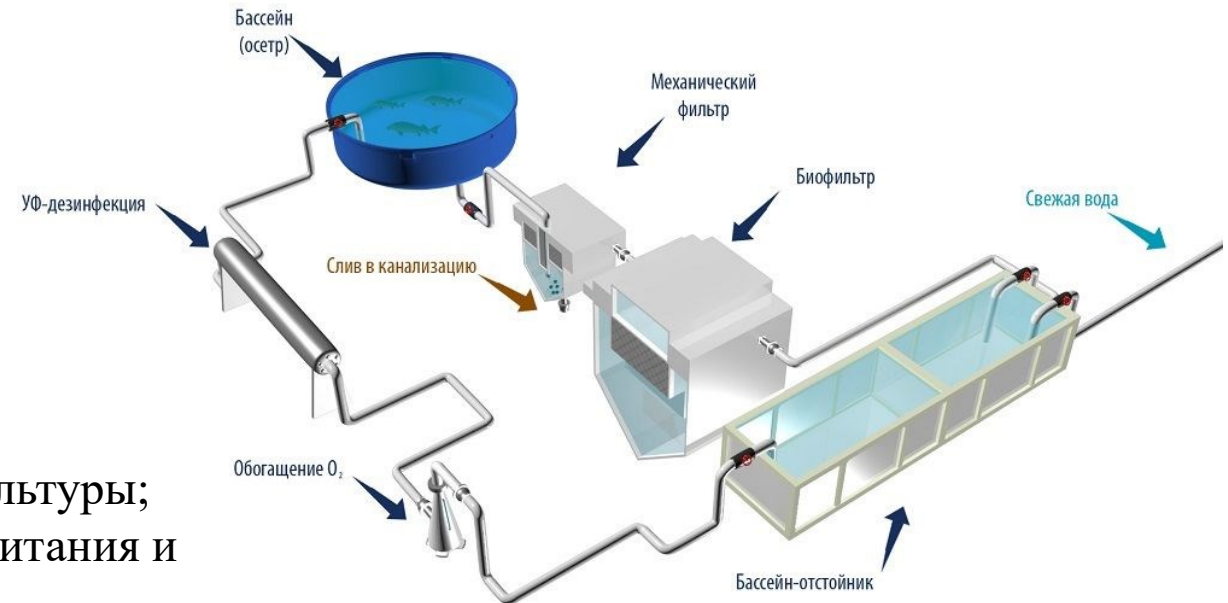
- условий кормления;
- очистки от вредных частиц, микроорганизмов (обеззараживания), примесей и продуктов жизнедеятельности рыб;
- температуры воды;
- уровня кислорода в воде;
- кислотно-щелочного баланса.

Для этого необходимы:

- автоматизация работы технических средств аквакультуры;
- контроль всех параметров искусственной среды обитания и рыб;
- оценка влияния параметров среды на рыбопродуктивность (скорость набора товарной массы, смертность).

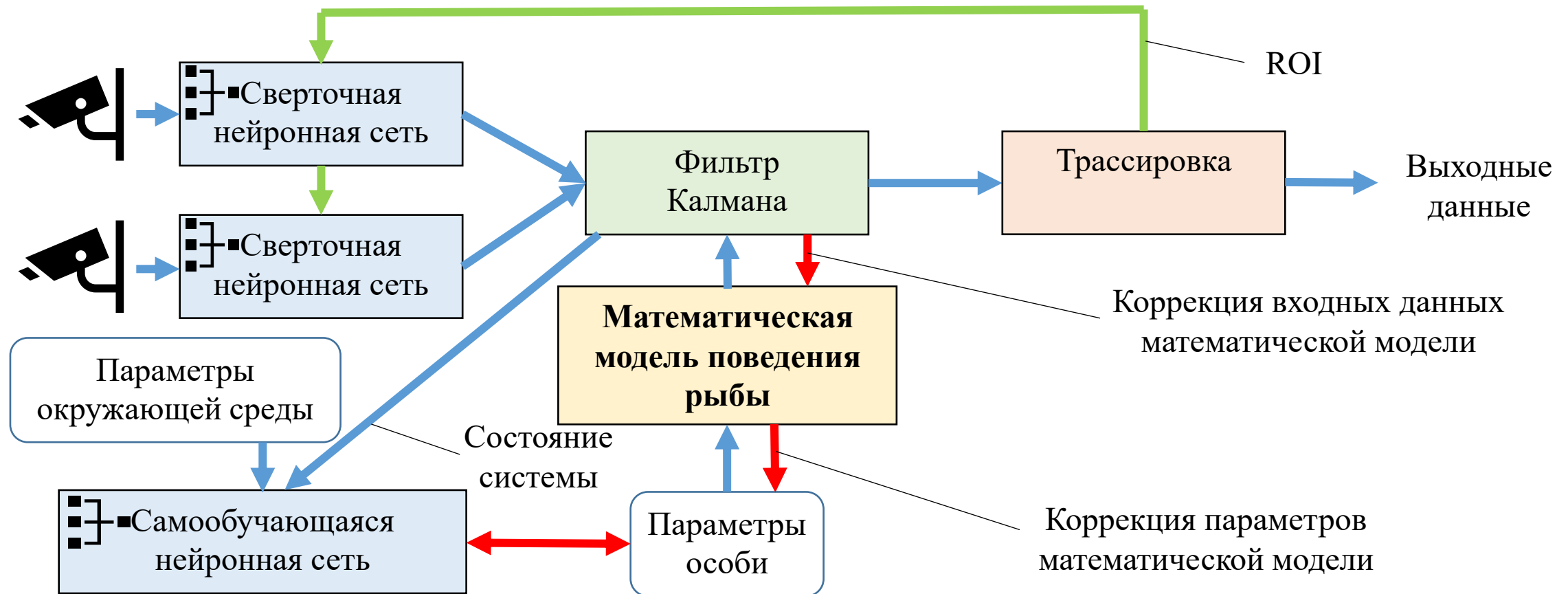
Решение - применение технологий предсказательного моделирования и машинного зрения.

Установка замкнутого водоснабжения (УЗВ)



Постановка задачи

Для расчета движения рыб в искусственной среде обитания необходимо разработать математическую и имитационную модели механики рыбы. Параметры модели должны зависеть от условий выращивания с возможностью коррекции по выходным данным фильтра Калмана, выполняющим оценку состояния системы на основе измерений (при помощи видеонаблюдения), дополненных расчетными данными движения каждой особи.



Математическая модель

Параметры особи

Количество	200
Длина, м	30,00
Ширина, м	10,00
Высота, м	5,00
Масса особи, кг	1,000
Коэф. демпфирования, кг·с/м ²	-0,090
Номинальная скорость, м/с	0,205
Максимальная скорость, м/с	8,750
Реакция при отходе, кг/м	4,20
Реакция при подходе, кг/м	-2,27

Видимость при отходе, м	1,0
Видимость при подходе, м	5,0
Реакция на ближнее присутствие, кг·м/с ² ×10 ⁻⁵	-572
Реакция на дальнее присутствие, кг·м/с ² ×10 ⁻⁵	156
Реакция на движение, кг/с×10 ⁻³	0,263
Средняя видимость, м×10 ⁻²	11,60
Предельная видимость, м	5,0
Видимость движения, м	5,0
Степень взаимодействия	5
Активность, Н	0,50
Начальная скорость, м/с	0,10

Математическая модель

Процесс движения каждой особи опишем системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} d\mathbf{x} / dt = \mathbf{v}(t) \\ m_i(d\mathbf{v} / dt) = \sum \mathbf{F}_i(t) \end{cases}$$

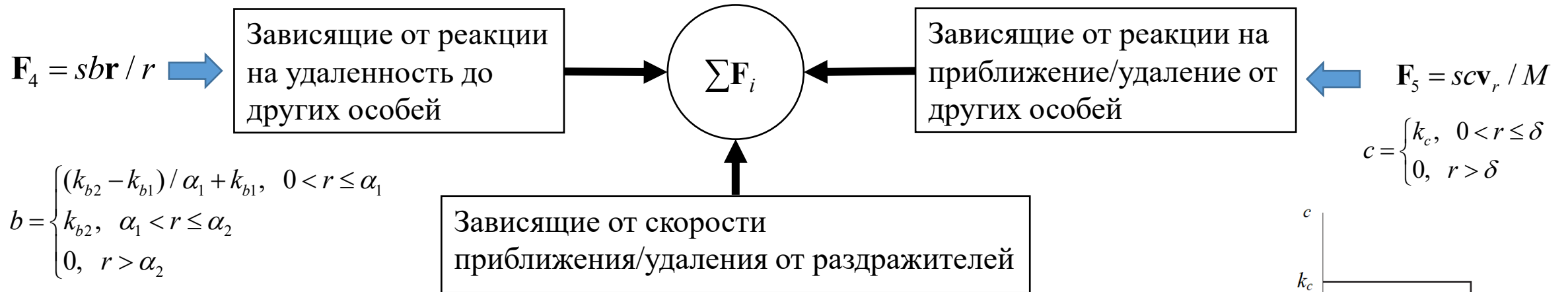
\mathbf{x} – положение в пространстве;
 m – масса;
 t – время

\mathbf{v} – скорость движения;
 $\sum \mathbf{F}_i$ – сумма развиваемых рыбой сил;

Силы, развиваемые рыбой, зависят от ее восприятия внешней обстановки и внутреннего состояния, характеризующегося элементом случайности:

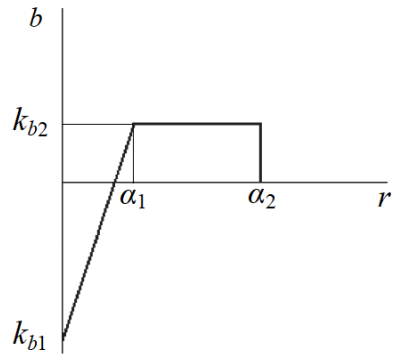


Математическая модель



$$F_4 = sbr / r$$

$$b = \begin{cases} (k_{b2} - k_{b1}) / \alpha_1 + k_{b1}, & 0 < r \leq \alpha_1 \\ k_{b2}, & \alpha_1 < r \leq \alpha_2 \\ 0, & r > \alpha_2 \end{cases}$$



k_{b1} и k_{b2} – параметры, определяющие реакцию на ближнее и дальнее присутствие;

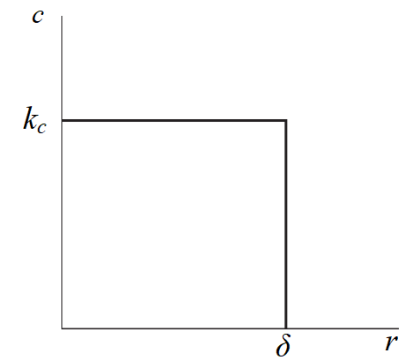
α_1 – параметр, определяющий расстояние между парой особей, до которого степень реакции линейно возрастает;

α_2 – параметр, определяющий расстояние между парой особей, после которого степень реакции не меняется.

Зависящие от реакции на приближение/удаление от других особей

$$F_5 = scv_r / M$$

$$c = \begin{cases} k_c, & 0 < r \leq \delta \\ 0, & r > \delta \end{cases}$$



$$F_3 = \begin{cases} sk^+ v_r (r^+ / r - 1) r, & r^+ > r, v_r < 0 \\ sk^- v_r (r^- / r - 1) r, & r^- > r, v_r > 0 \end{cases}$$

k^+ и k^- – параметры, определяющие степень влияния скорости приближения/удаления объекта-раздражителя;

r^+ – максимальное расстояние реакции при приближении;

r^- – максимальное расстояние реакции при удалении.

k_c – параметр, определяющий реакцию на приближение/удаление от других особей;

δ – параметр, определяющий предельное расстояние до другой особи, дальше которого ее движение не оказывает воздействия;

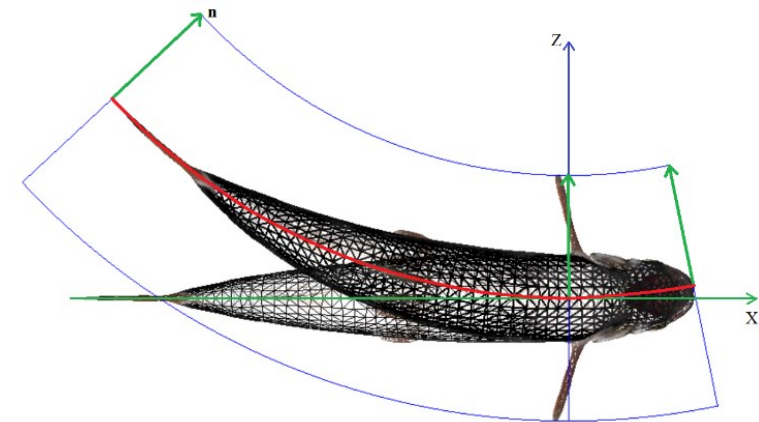
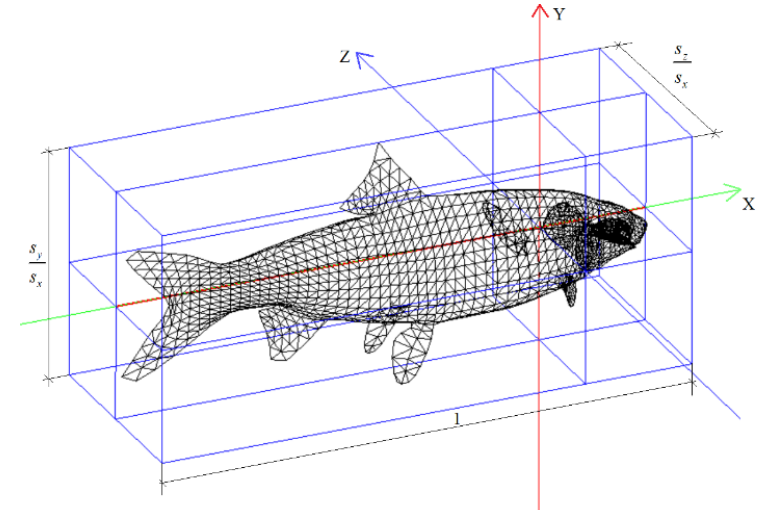
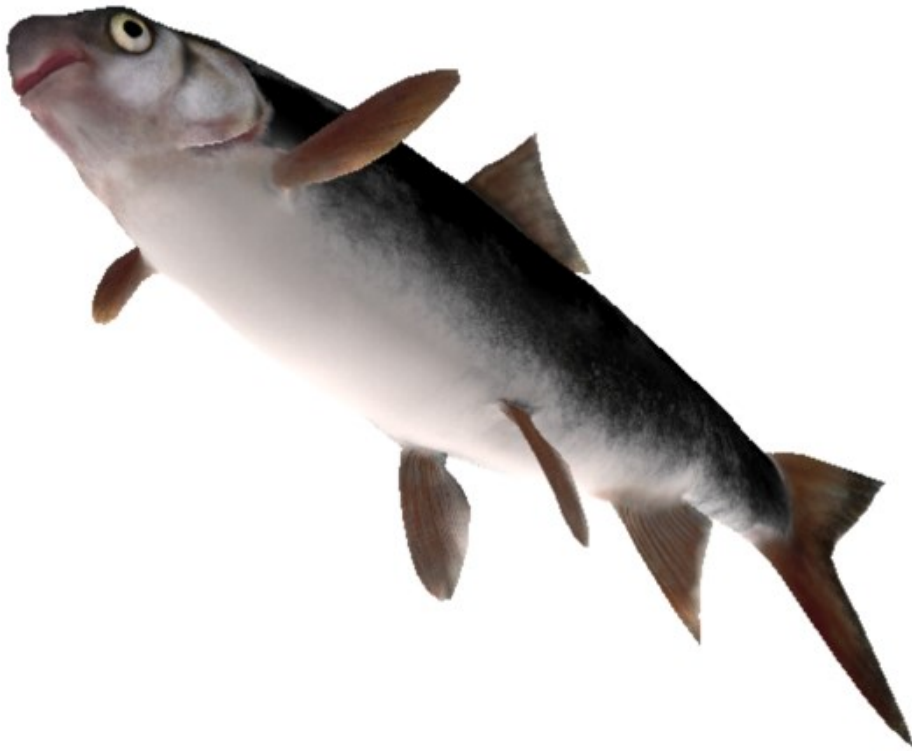
M – параметр, определяющий количество ближайших к рыбе движущихся особей, которые необходимо учесть в расчетах, влияющий на образование стайного эффекта.

Математическая модель

Исходя из физиологии рыбы, степень ее восприятия зависит от ориентации по отношению к объекту-раздражителю

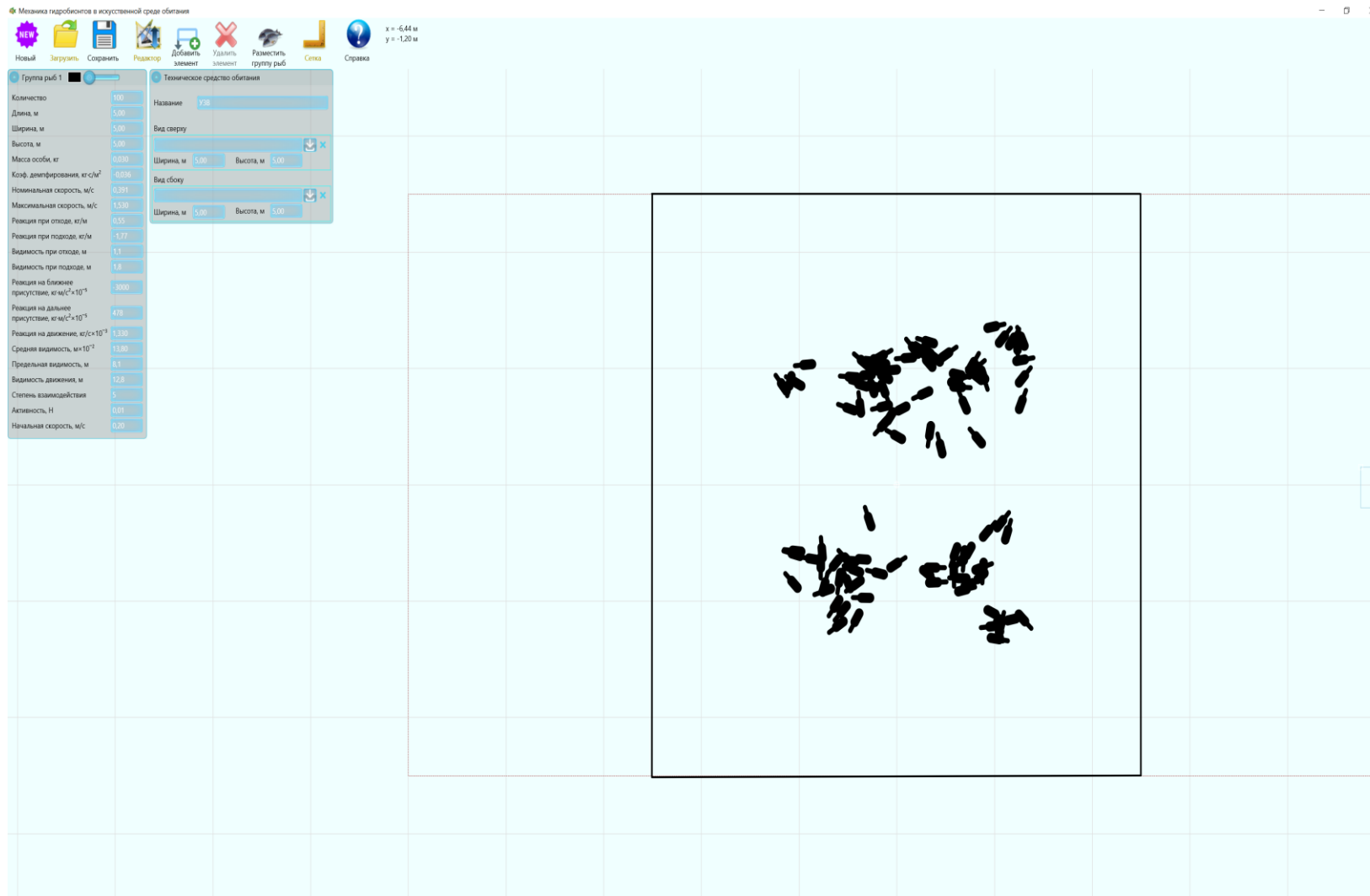
$$S = S_1 + S_2 \mathbf{or} / r$$

\mathbf{o} - единичный вектор ориентации рыбы в пространстве;
 \mathbf{r} - вектор положения объекта-раздражителя относительно рыбы;
 S_1 - математическое ожидание степени восприятия; S_2 - ее дисперсия.



Результаты

Бассейн установки замкнутого водоснабжения прямоугольной формы с пятьюдесятью особями сеголеток карпа массой по 20 грамм.



Результаты

Садок рыбоводной фермы

NEW
Новый промысел

Загрузить

Сохранить

Редактор

Добавить элемент ОР

Удалить элемент ОР

Разместить группу рыб

Сетка

Справка

x = -9,86 м
y = -1,09 м

Группа рыб 3

Количество	20
Длина, м	5,00
Ширина, м	5,00
Высота, м	5,00
Масса особи, кг	0,300
Козф. демпфирования, кг·с/м ²	-0,090
Номинальная скорость, м/с	0,945
Максимальная скорость, м/с	8,750
Реакция при отходе, кг/м	4,20
Реакция при подходе, кг/м	-2,27
Видимость при отходе, м	0,5
Видимость при подходе, м	2,0
Реакция на ближнее присутствие, кг·м/с ² × 10 ⁻²	-572
Реакция на дальнее присутствие, кг·м/с ² × 10 ⁻²	156
Реакция на движение, кг/с × 10 ⁻²	0,263
Средняя видимость, м × 10 ⁻²	11,60
Предельная видимость, м	5,0
Видимость движения, м	5,0
Степень взаимодействия	5
Активность, Н	1,50
Начальная скорость, м/с	0,10

Орудие лова

Название Садок

Скорость, м/с 0,00 Уловистость, % 0,0

Вид сверху

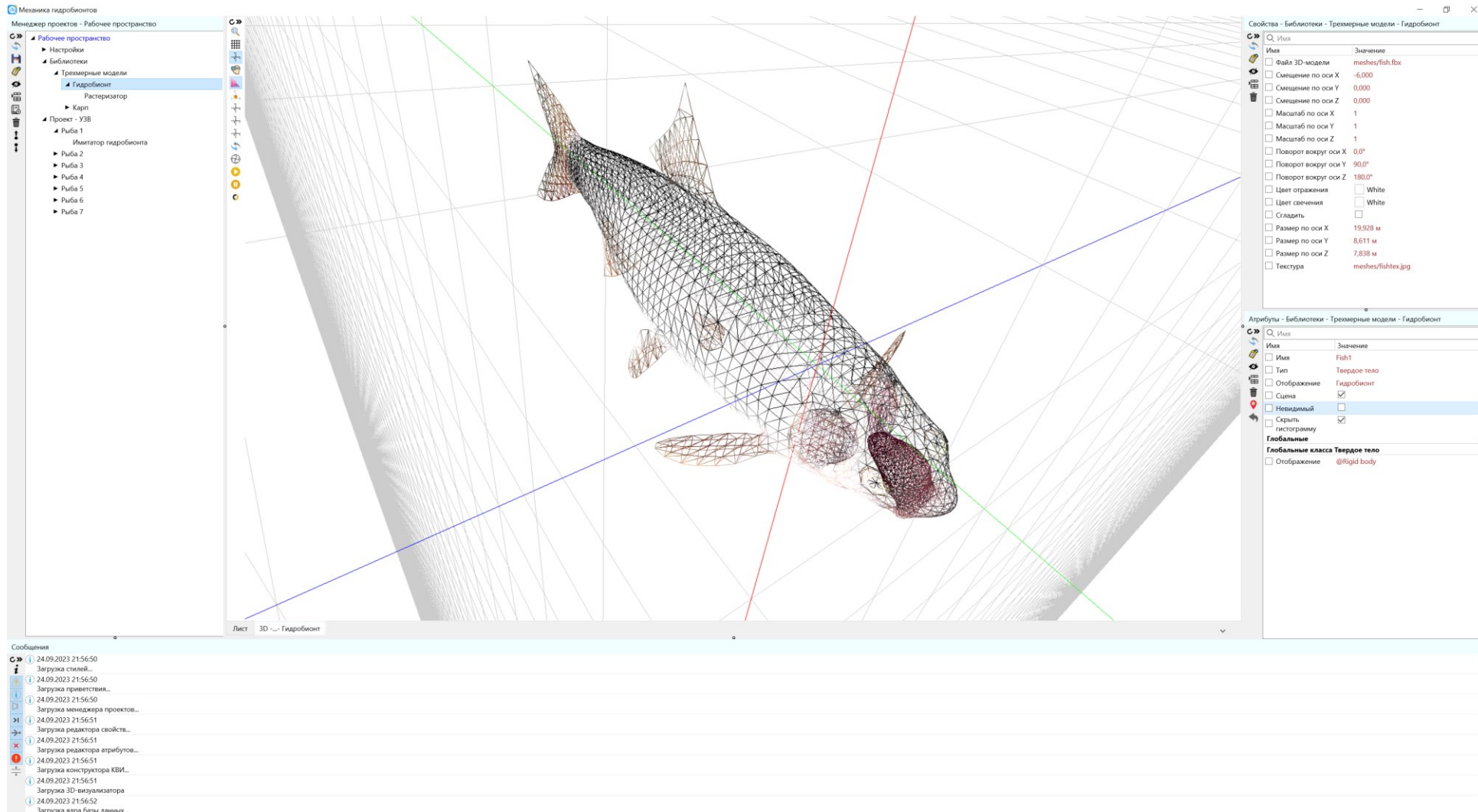
Ширина, м 10,00 Высота, м 10,00

Вид сбоку

Ширина, м 10,00 Высота, м 20,00

Внедрение в систему имитации «УЗВ-гидробионт»

Система имитации реализуется как расширение разработанной в ООО «ЛЦТ» при поддержке Фонда содействия инновациям Системы автоматизированного проектирования орудий рыболовства и технических средств аквакультуры (САПР-ОР)



Внедрение в систему имитации «УЗВ-гидробионт»

Механика гидробионтов

Менеджер проектов - Рабочее пространство

- Рабочее пространство
 - Настройки
 - Библиотеки
 - Проект - УЗВ
 - QuadraticBending
 - Fish
 - QuadraticBending1
 - Fish
 - QuadraticBending2
 - Fish
 - QuadraticBending3
 - Fish
 - QuadraticBending4
 - Fish
 - QuadraticBending5
 - Fish
 - QuadraticBending6
 - Fish
 - QuadraticBending7
 - Fish

Лист 3D - Fish

Свойства - Проект - УЗВ - QuadraticBending7 - Fish

Имя	Значение
<input type="checkbox"/> StepTime	0,050
<input type="checkbox"/> BodyAmp	0,300
<input type="checkbox"/> BodyPeriod	1,000
<input type="checkbox"/> Radius	35,000
<input type="checkbox"/> StartPhase	2,400
<input type="checkbox"/> Period	20,000
<input type="checkbox"/> BodyBend	0,212
<input type="checkbox"/> X	26,717
<input type="checkbox"/> Y	22,610
<input type="checkbox"/> Phase	7,152
<input type="checkbox"/> Animate	<input checked="" type="checkbox"/>

Атрибуты - Проект - УЗВ - QuadraticBending7 - Fish - BodyAmp

Имя	Значение
<input type="checkbox"/> Имя	BodyAmp
<input type="checkbox"/> Тип	Вещественный

Глобальные

Глобальные класса CAD_Fish_t

Глобальные типа Вещественный

<input type="checkbox"/> Отображение	@Real
<input type="checkbox"/> Просмотр	Float
<input type="checkbox"/> Редактор	Float
<input type="checkbox"/> Формат	0.000

Сообщения

- 29.05.2023 22:07:14 Загрузка 3D-визуализатора
- 29.05.2023 22:07:14 Загрузка ядра базы данных...
- 29.05.2023 22:07:14 Загрузка генератора спецификаций...
- 29.05.2023 22:07:14 Инициализация...

Заключение

Предложенная имитационная модель способствует увеличению рыбопродуктивности рыбоводных ферм и установок замкнутого водоснабжения, уменьшению затрат (экономических, энергетических, трудозатрат), переходу к экологически чистым ресурсосберегающим и природоподобным технологиям.

Области применения результатов

- Сбор статистики и предсказательное моделирование процессов рыбоводства на рыбоводных фермах;
- Проектирование технических средств аквакультуры;
- Системы виртуальной и дополненной реальности;
- Обучающие тренажерные комплексы;
- Научные исследования в области автоматизации и информатизации процессов рыбоводства и технических средств аквакультуры;
- Отладка алгоритмов машинного зрения в рамках выполнения научного проекта «Разработка математических моделей, технологий дополненной реальности и машинного зрения для задач автоматизации сбора данных в рыбоводных хозяйствах» при финансовой поддержке Российского научного фонда.

Спасибо за внимание!