

На правах рукописи

**Михеев Филипп Александрович**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРУДИЙ  
РЫБОЛОВСТВА**

Специальность: 05. 13. 12 – Системы автоматизации проектирования  
(промышленность)

**А в т о р е ф е р а т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт Петербург 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), кафедра системы автоматизированного проектирования

Научный руководитель –

доктор технических наук, профессор Дмитриевич Геннадий Даниилович

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор, Скобельцын Кирилл Борисович, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра «Системного анализа и управления»

Кандидат технических наук Алешкевич Павел Александрович, генеральный директор Общества с ограниченной ответственностью "ТетраСофт".

Ведущая организация – Открытое акционерное общество "Концерн "Океанприбор".

Защита диссертации состоится «27» июня 2013 г. в 15<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета Д212.238.02 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, г.Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета Д212.238.02

Н. М. Сафьянников

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ**

### **Актуальность исследования**

Жесткая конкуренция на мировом рынке и необходимость в развитии рыбного хозяйства диктуют темпы модернизации объектов рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации – рыболовных судов, орудий рыболовства и рыбообрабатывающего оборудования. В современных условиях чрезмерной эксплуатации и истощения запасов морских биоресурсов возникает необходимость в разработке средств автоматизированного проектирования таких орудий рыболовства, которые могли бы обеспечить оптимальный режим промысла и селективность лова. Это выдвигает все более серьезные требования к исследованию научных основ разработки САПР орудий рыболовства, что соответствует концепции развития рыбного хозяйства РФ на период до 2020 г. и приоритетным направлениям развития науки, технологии и техники РФ (2007-2012 гг.) «Рациональное природопользование».

Вместе с тем, в последние три десятилетия огромный интерес у российской рыбной промышленности вызывают ресурсы донных беспозвоночных в связи с их высокой экспортной привлекательностью. Промысел этих ресурсов осуществляется преимущественно пассивными приманивающими орудиями лова (ловушками). Тому есть ряд причин. Во-первых, указанные орудия лова обладают эффективной селективностью, отлавливая преимущественно особей определенного возраста, ценных в промысловом отношении. Во-вторых, ловушки в силу пассивного воздействия на гидробионтов не причиняют им физических увечий в отличие от, например, тралов. В третьих, промысел с использованием ловушек является менее дорогим и трудозатратным. Как следствие, улучшение характеристик пассивных приманивающих орудий рыболовства является приоритетной и востребованной задачей среди прочих задач рыбохозяйственного проектирования.

Известны зарубежные и отечественные программные средства поддержки проектирования орудий рыболовства – Ashlar Vellum Graphite, Trawl Design, Otterboard, Trawl Cad, а на определенных этапах проектирования для построения параметрических моделей деталей используются SALOME, Medusa4, Wings 3D и подобные им системы. Однако указанные системы ориентированы на узкий круг специалистов высокого уровня подготовки; во-вторых, они являются коммерческими системами и их программное обеспечение закрыто для модификации и дополнения новыми программными модулями, что накладывает серьезные ограничения на использование системы при решении широкого спектра проектных задач; в-третьих, перечисленные системы не позволяют имитировать процесс лова, поэтому оптимизация параметров орудий рыболовства проводится проектировщиками эмпирически по результатам дорогостоящих и многоэтапных натуральных испытаний прототипа.

Вопросы, связанные с построением компьютерных средств автоматизированного проектирования орудий рыболовства, неоднократно обсуждались в работах зарубежных и отечественных авторов. Тем не менее, программные

реализации отстают от потребностей рыбохозяйственной отрасли. Принципиальную трудность в процесс проектирования орудий рыболовства, вносит то, что их эффективность связана с районом применения, видом и возрастом облавливаемых гидробионтов, факторами внешней среды. Наличие факторов, не поддающихся полной формализации, указывает на необходимость решения комплексных задач компьютерного моделирования. С точки зрения создания программных средств поддержки проектирования наиболее эффективным способом решения подобных задач является разработка архитектуры системы, инвариантной к специфике множества проектируемых орудий рыболовства. С другой стороны, эффективное использование этих средств предполагает архитектуру САПР с четко обозначенным общесистемным ядром, обеспечивающим информационную связь между программными модулями системы, а также предоставляющим пользователям с различным уровнем подготовки возможность работы со всеми видами обеспечения САПР. Возникает необходимость в разработке программных средств, обеспечивающих открытость САПР и ориентированных на решение задач проектирования орудий рыболовства с учетом их специфики.

Таким образом, вопросы создания САПР орудий рыболовства нуждаются в дальнейшей разработке, а их исследование представляет значительный теоретический и практический интерес.

**Объектом исследования** диссертационной работы являются научные основы построения САПР орудий рыболовства.

**Предметом исследования** являются математическое, программное и информационное обеспечения САПР пассивных приманивающих орудий рыболовства.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертационной работы является разработка САПР пассивных приманивающих орудий рыболовства.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. исследование вопросов построения программного, математического, и информационного обеспечений САПР орудий рыболовства;
2. реализация открытой архитектуры САПР для решения задач проектирования орудий рыболовства;
3. разработка общесистемного ядра, обеспечивающего информационную связь между подсистемами САПР;
4. разработка средств управления и доступа к данным, являющейся частью информационного обеспечения САПР;
5. исследование методов и алгоритмов моделирования процесса лова и разработка на основе этого исследования математического обеспечения системы;
6. разработка прикладных программных модулей, отвечающих требова-

ниям гибкости, открытости и надежности, и позволяющих получать оптимальные характеристики проектируемых орудий рыболовства, в том числе габаритные характеристики, позиционирование приманки, раскрой сетной поверхности.

### **Методы исследования**

Методы математического моделирования, методы системного программирования, теория построения САПР, численные методы оптимизации, элементы теории нечеткой логики и стохастического анализа.

### **Новые научные результаты**

1. Предложена открытая архитектура САПР орудий рыболовства, отличающаяся наличием инвариантной части, которая обеспечивает возможность развития и адаптации САПР к новым задачам проектирования путем добавления новых программных модулей.
2. Впервые разработано общесистемное ядро САПР орудий рыболовства, включающее в себя четыре проблемно-независимые подсистемы - подсистему управления ядром, подсистему управления данными, подсистему визуализации и подсистему оптимизации.
3. Впервые разработаны методы, модели и алгоритмы имитации процесса лова, позволяющие оптимизировать параметры орудия рыболовства на основе моделирования процесса лова.
4. Предложена стратегия поиска проектных решений, отличительной чертой которой является учет специфики перемещений гидробионтов, процесса лова и орудий рыболовства и использование развитой библиотеки алгоритмов оптимизации параметров орудий рыболовства.
5. Предложены оригинальные средства управления и доступа к данным, являющиеся частью информационного обеспечения САПР, отличие которых состоит в хранении данных в объектно-ориентированной форме, что открывает к ним быстрый доступ в оперативной памяти и отображает модель данных независимо от используемого реляционного источника.

**Достоверность научных результатов** подтверждается корректностью применяемого математического аппарата и практикой использования разработанных программных средств в производственном процессе Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, а также практикой применения разработанных алгоритмов в учебном процессе кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) в курсе «Методы оптимизации».

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Общесистемное ядро САПР пассивных приманивающих орудий рыболовства, отвечающее требованиям гибкости, открытости и надежности.

2. Методы, модели и алгоритмы имитации процесса лова, позволяющие оптимизировать параметры орудия рыболовства на основе моделирования процесса лова.
3. Средства управления и доступа к реляционным источникам данных, отличающиеся хранением данных в объектно-ориентированной форме, что открывает к ним быстрый доступ в оперативной памяти и отображает модель данных независимо от используемого реляционного источника.

### **Практическая ценность**

Значение для практики результатов диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Архитектура САПР орудий рыболовства учитывает возможность ее дальнейшего развития и предоставляет средства проектирования широкому кругу пользователей с различным уровнем квалификации.
2. Использование системы на этапе эскизного проектирования позволяет сократить сроки разработки прототипа и частично исключить дорогостоящие натурные испытания орудия рыболовства.
3. Полученные в ходе вычислительных экспериментов оптимальные характеристики пассивных приманивающих орудий лова могут быть рекомендованы департаментам рыбного хозяйства и отраслевым рыбохозяйственным проектным институтам для использования в процессе проектирования.
4. Применение подсистемы оптимизации в учебном процессе обеспечивает поддержку дисциплин учебного плана подготовки магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника».
5. Зарегистрированные Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам программы перспективны для применения в САПР различного назначения.

### **Реализация и внедрение результатов**

На основании полученных результатов разработана САПР пассивных приманивающих орудий рыболовства Trap, которая внедрена в учебную практику в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) на кафедре «Системы автоматизированного проектирования», а также в производственный процесс в Сахалинском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (г. Южно-Сахалинск), что подтверждено соответствующими актами о внедрении.

### **Результаты диссертационной работы использовались**

Теоретические и практические результаты диссертационной работы использовались в ряде госбюджетных НИР, проводимых по тематическому плану СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в 2008-2013 гг.

- по теме «Разработка теоретических основ модельного проектирования на основе парадигмы виртуальности» (шифр САПР-45, 2009-2010 гг.)
- по теме «Разработка моделей и методов анализа и синтеза интеллектуальных систем поддержки принятия решений для управления сложными распределенными объектами» (шифр САПР-47 тем. плана СПбГЭТУ 2011 г.)
- по теме «Математико-логические основы построения сред виртуальных инструментов» (шифр САПР-49 тем. плана СПбГЭТУ 2012-2014 г.)
- по теме «Математико-логические основы построения сред виртуальных инструментов» (шифр САПР-49 тем. плана СПбГЭТУ 2012-2014 г.)
- по теме «Разработка алгоритмического и программно-аппаратного обеспечения гибридной облачной среды для образовательного процесса» (шифр ФИМЦ-1 тем. плана СПбГЭТУ 2012-2014 г.)

Также результаты работы используются в производственном процессе Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии для определения промысловых параметров пассивных приманивающих орудий лова и в учебной практике Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) на кафедре «Системы автоматизированного проектирования» для подготовки магистров и бакалавров по направлению «Информатика и вычислительная техника».

#### **Апробация работы**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- XII, XIV, XV международных конференциях «Современное образование: содержание, технологии, качество» (г. Санкт-Петербург);
- X и XI международных конференциях по мягким вычислениям и измерениям (SCM 2007, SCM 2008) (г. Санкт-Петербург);
- II международной конференции «Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM» (г. Пенза)
- отраслевой конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана», 2007 (г. Владивосток)
- международной научно-технической конференции «Информационные технологии и математическое моделирование систем 2009-2010» (г. Москва)

#### **Публикации**

Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 3 работы - в изданиях, ре-

комендованных ВАК к опубликованию основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, 8 работ – в материалах международных конференций, 4 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ, зарегистрированной в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

### **Структура и объем диссертации**

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, включающего 61 наименование. Основная часть диссертации изложена на 120 страницах машинописного текста и содержит 34 рисунка и 6 таблиц.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** освещен предмет и объект исследования, обоснована актуальность темы диссертационной работы. Обозначен современный уровень исследования предмета. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность полученных результатов. Раскрыты вопросы реализации и апробация результатов работы. Приведено краткое содержание диссертации.

**В первой главе** проводится анализ архитектурных решений программного обеспечения САПР с учетом специфики проблемной области проектирования орудий рыболовства. Показано, что проектирование орудий рыболовства неразрывно связано не только с их динамикой в водной среде, но и с компьютерным моделированием процесса лова. Следовательно, одним из наиболее важных направлений исследований является создание инвариантной архитектуры САПР с программной реализацией в виде каркаса приложения.

Анализ возможностей современных САПР и учет потребностей рыбохозяйственного комплекса позволяет сформулировать ряд общесистемных принципов разработки систем проектирования орудий рыболовства: система должна быть открыта для включения в нее внешних программных модулей, предназначенных для решения новых проектных задач; в основу системы должна быть положена единая база данных (БД), обеспечивающая информационную поддержку проектных процедур на всех этапах проектирования; проектирующие подсистемы должны использовать дружественный пользовательский интерфейс с режимом пошагового проектирования в виде мастера деталей и с функцией графической визуализации модели объекта проектирования.

Каркасная архитектура программного обеспечения САПР орудий рыболовства, разработанная с учетом изложенных принципов, показана на рис. 1. Особенностью организации программного обеспечения системы следует считать разделение общесистемной и прикладной частей. Идея состоит в том, что общесистемное ядро системы отвечает за поддержку информационных связей между компонентами системы и обеспечивает комфортное диалоговое взаимодействие с проектировщиком, в то время как прикладное



программное обеспечение ориентировано на решение задач проектирования орудий рыболовства. Общесистемное программное обеспечение включает в себя четыре проблемно-ориентированные подсистемы: (I) подсистема

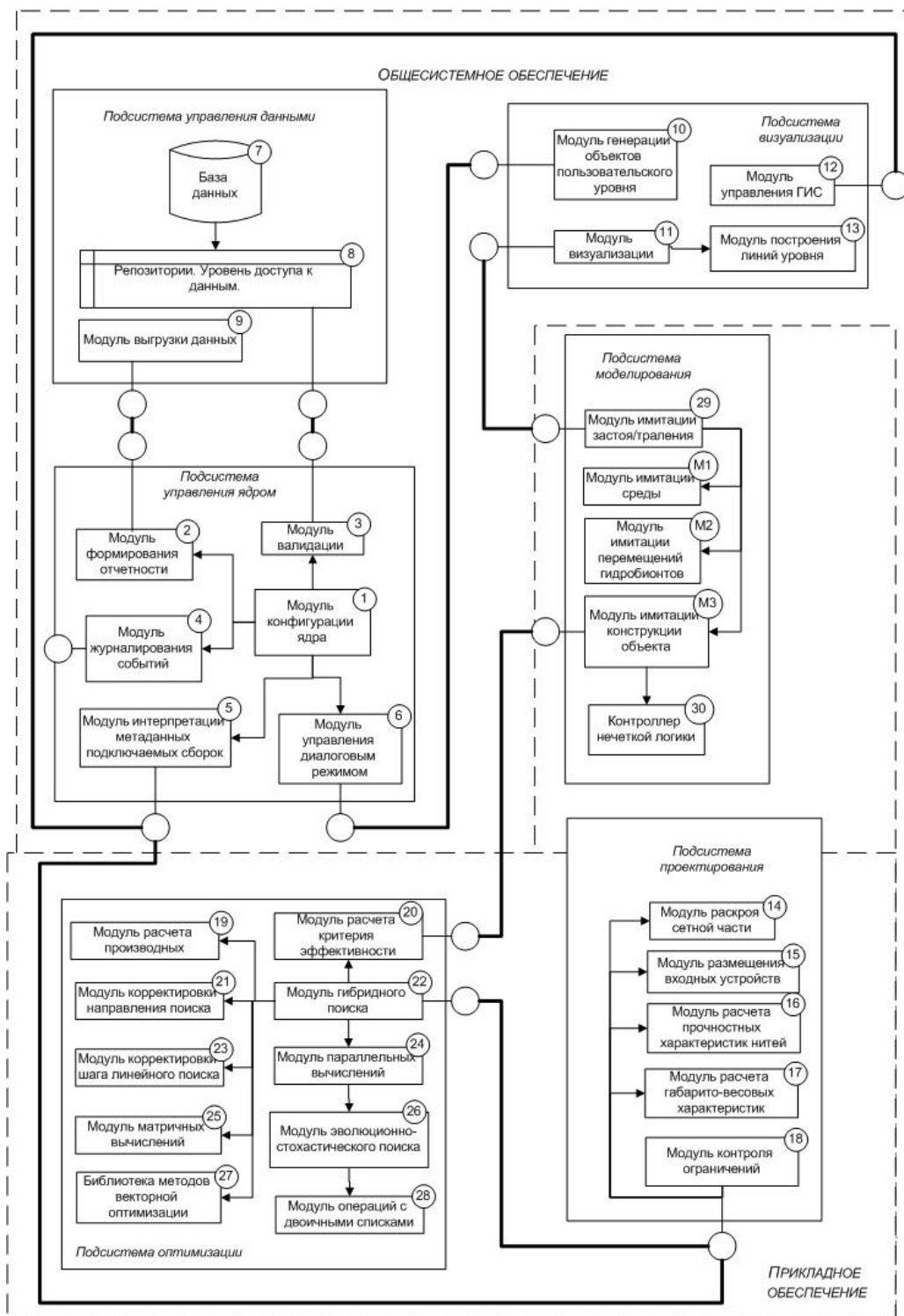


Рис. 1. – Архитектура САПР орудий рыболовства

управления ядром отвечает за конфигурирование ядра системы 1, подсистему формирования отчетности 2, контроль корректности информации 3, ведение системного журнала событий 4, формирование информационных связей других частей системы и расширение проектных возможностей дополнительными

ми модулями на основе их метаданных 5, построение диалоговых форм 6. (II) Подсистема управления данными отвечает за хранение, модификацию и агрегацию проектных данных на сервере баз данных 7, репозитории 8, являющиеся программным средством обеспечения инвариантности модели данных от реляционного источника данных, экспорт отчетности в общепринятые форматы 9. К хранимым данным относятся параметры моделей компонентов орудий рыболовства, гидробионтов и другая вспомогательная проектная информация. (III) Подсистема визуализации представляет средства отображения диалоговых окон 10, средства графической визуализации 11, интеграции с графической информационной системой «Картмастер» 12 и средство построения контурных линий 13 для визуализации модели распространения запаха приманки в морской среде, основанное на сеточном алгоритме Congres. (IV) Подсистема оптимизации включает вспомогательные средства расчета производных 19, векторные и матричные вычисления 25, блок алгоритмов для корректировки параметров градиентного поиска 21, 23, управляющий стратегией поиска алгоритм 22, расчет эффективности параметров орудия рыболовства 20, генетический алгоритм 26, использующий многопоточную модель вычислений Microsoft Task Parallel Library 24, и алгоритмы по упаковке и распаковке вещественных векторов в битовые цепочки с использованием кода Грея 28, библиотека методов оптимизации 27.

Прикладное обеспечение включает в себя две подсистемы: (I) Подсистема проектирования отвечает за раскрой сетной части орудия рыболовства 14, оптимальное размещение входных устройств 15, расчет прочностных характеристик нитей 16, габаритно-весовых характеристик орудия 17, соблюдение ограничивающих условий проектирования 18. (II) Подсистема моделирования выполняет имитацию процесса лова 29, в том числе имитацию перемещений гидробионтов на подходе к орудию лова на основе контроллера нечеткой логики Мамдани 30, моделирование состояний среды и распространения запаха приманки на основе математической модели М1, моделирование пространственного поведения гидробионтов на основе модели М2 и имитацию попадания гидробионтов в орудие рыболовства на основе модели М3.

**Во второй главе** проведен анализ современных исследований в предметной области и разработаны методы, модели и алгоритмы, позволяющие имитировать процесса лова, включая механизм пространственного поведения облавливаемых гидробионтов в зависимости от наблюдаемой ими окружающей среды и распространения запаха приманивающего вещества из орудия лова. В состав математического обеспечения включены три математические модели: модель М1, предназначенная для имитации гидродинамических свойств морской среды, с помощью которой имитируется распространение шлейфа запаха от приманки в морской среде; модель М2, предназначенная для имитации пространственного поведения гидробионтов в процессе поиска пищи; модель М3, описывающая сетную часть пассивного приманивающего орудия рыболовства.

**Модель состояний среды и распространения запаха приманки М1** получена на основе краевой задачи с учетом таких факторов, как количество источников запаха, горизонтальной турбулентной диффузии, скорости течения, скорости поглощения аттрактанта в морской воде, высоты вязкого слоя у дна, времени действия источников и прочих. В модели не учтены вертикальные турбулентные течения, так как приманка распространяется в узком слое воды и по сравнению с горизонтальными воздействиями вертикальными можно пренебречь; для расчета вертикального эффекта от турбулентных течений необходимо найти решение системы гидродинамических уравнений, что требует немалых вычислительных мощностей и само по себе является темой для отдельного исследования. Модель распространения приманки в воде основывается на следующих фактах и положениях: 1. приманка выделяет вещества, которые ведут себя в морской воде как пассивная примесь. Вещество распространяется под влиянием турбулентной диффузии, и поглощается средой; 2. вещество приманки распространяется в придонном слое, из-за больших различий в вертикальной и горизонтальной составляющей воздействий среды; концентрация приманивающего вещества является средним значением по придонному слою; 3. Приманку можно принять за линейно (по времени) затухающий точечный источник; 4. вещество отсутствует до момента установки ловушки и в процессе действия приманки его концентрация стремится к нулю на периферии области распространения, т.е. распределение вещества отвечает однородным условиям краевой задачи.

Полученные в результате контрольного теста параметры шлейфа сверялись с опубликованными в специализированной литературе контрольными значениями. Различия составили: по протяженности шлейфа - 2,5%, по площади - 11,9%, по максимальной ширине отклонения нет.

**Модель пространственного поведения гидробионтов М2.** В поисках пищи донные гидробионты совершают случайные перемещения по дну, пока не обнаружат привлекающий запах. При контакте со шлейфом запаха, животные начинают целенаправленное перемещение к источнику запаха. Поиск источника запаха гидробионтами математически формализован в виде марковского процесса. Способность особи к обнаружению запаха зависит от её индивидуальной чувствительности. Поэтому зона приманивания по форме представляет собой замкнутую область в шлейфе запаха, ограниченную пороговым значением концентрации аттрактанта. В основе перемещений могут лежать разнообразные механизмы: хемотаксис – направленное перемещение вдоль градиента концентрации аттрактанта, реотаксис – направленное перемещение против вектора течения. Экспериментально подтверждено, что донные гидробионты мгновенно реагируют на запах, как только их индивидуальная чувствительность к запаху позволяет им различить аминокислоты приманки в воде. Поэтому характер перемещений резко изменяется на границе зоны приманивания. Приближаясь к приманке, особь сокращает сектор

поиска и замедляет свое движение. Попав в область визуального контакта с приманкой, особь, чаще всего, направляется прямо к ней.

Основная составляющая вектора движения особи, чувствующей запах, должна быть направлена вдоль градиента функции концентрации аттрактанта. Градиент находится численно, по разностной схеме с помощью интерполяции функции концентрации запаха многочленом Чебышева. При отсутствии запаха, т.е. когда функция концентрации запаха в заданной точке меньше порогового значения для текущего момента времени, животные перемещаются исключительно случайным образом. В модели при отсутствующем течении и при потере запаха гидробионты некоторое время продолжают движение по памяти вдоль градиента аттрактанта.

Имитация поимки гидробионта в ловушку основана на нечеткой логике. Этот процесс зависит от параметров сетной части орудия рыболовства, объема ловушки, ее текущего накопленного улова, расположения и размера входных устройств и половозрастных параметров гидробионтов. Визуальное обнаружение ловушки и попадание в нее определены как самостоятельные процессы на основе правил нечеткого вывода.

**Модель пассивного приманивающего орудия рыболовства МЗ.** Ловушки являются сравнительно легким в эксплуатации пассивным орудием рыболовства. Принцип их действия состоит в том, что установленные на дно водоема в ряды, и соединенные специальным образом, они формируют улов за счет приманки, помещенной внутрь. Современные сетные конические ловушки – это орудие рыболовства, состоящие из 4 основных элементов: 1. камера, которая представляет собой сетную поверхность, зафиксированную на жестком каркасе; 2. входное устройство, так называемая горловина, через которую в камеру попадают гидробионты; 3. выходные устройства, как правило, меньшего диаметра по сравнению с горловиной; 4. приманка, помещенная внутрь камеры.

Ловушка, в зависимости от стратегии лова, может иметь одно или несколько отверстий различного размера в сетном полотне, предназначенных для входа/выхода особей. Размер входов/выходов определяет способность к селективному промыслу, т.е. облов особей только того размера (соответственно возраста и массы), который необходим. Молодые особи имеют возможность выползти через боковые выходы наружу за счет своих небольших размеров. Таким образом, молодь популяции не попадает в улов, что, во-первых, повышает скорость восстановления численности популяции до нерисковых значений, и, во-вторых, избавляет от необходимости вести трудоемкую сортировку вручную после изъятия ловушек. Компоненты конструкции ловушки формализованы в виде математической модели с определенным набором взаимосвязанных параметров. Для углов раскрытия ячеек сетной оболочки существует рекуррентное соотношение, согласно которому каждая последующая ячейка суживается по ширине сетной оболочки на величину с постоянным коэффициентом относительно предыдущей. Число ячеек по ширине

определенной части сетной пластины для покрытия каркаса определяется углами раскрытия ячеек по нижней и верхней кромкам соответственно. Для верха и низа они равны  $\pi/2$ , для бока выражается через длину образующей конуса ловушки. Длина пластины прямо пропорционально зависит от числа ячеек по длине сетной пластины. Число ячеек по ширине определенной части сетной пластины можно определять по формуле Баранова, то есть как зависимость от ширины в посадке этой части сетной пластины и длины образующей конуса ловушки. Горловина, как правило, выполнена в виде усеченной конической оболочки из полипропилена и описывается следующим набором характеристик: диаметры верхнего и нижнего оснований; высота горловины и длина ее образующей; толщина оболочки; угол между образующей и осью; угол между боковыми кромками развертки; радиусы верхней и нижней кромок развертки; площадь боковой поверхности; объем и плотность материала; масса и вес в воде.

Разработанный комплекс методов, моделей и алгоритмов позволяет проводить имитацию процесса лова на всех его этапах - распространении приманивающего вещества в воде, поиске гидробионтами пищи и попадания их в улов через входы в сетной части орудия рыболовства.

**В третьей главе** предложена стратегия поиска проектных решений, отличительной чертой которой является учет специфики перемещений гидробионтов, процесса лова и орудий рыболовства и использование развитой библиотеки алгоритмов оптимизации параметров орудий рыболовства. Учитывая специфику проектирования орудий рыболовства оптимизация их параметров невозможна без учета факторов среды и поведения гидробионтов. Для оценки эффективности объекта проектирования применяется функция накопленного улова, зависящая от времени застоя орудия, от его объема, положения приманки, шага ячеек сетной части, суммарной площади его входов и прочих параметров, входящих в модели М1-М3. Поскольку лов гидробионтов моделируется марковским процессом по параметру времени застоя ловушки, с целью уменьшения доверительного интервала выполняется серия имитаций процесса лова для каждого вычисляемого значения целевой функции накопленного улова. Математические модели М1-М3 позволяют выполнять серии стохастического моделирования процесса лова, и вычислять функцию накопленного улова, которая является критерием оптимальности параметров модели орудия рыболовства. Характерной трудностью задач оптимизации орудий рыболовства является большое количество и разнообразие параметров. На практике, чтобы снизить размерность задачи, выбираются только основные варьируемые параметры, либо группы параметров объединяются в интегральные показатели. К примеру, количество и диаметры входов выражается через суммарную площадь входных устройств.

Методы решения данного класса задач оптимизации подразумевают применение оптимизационных алгоритмов первого и второго порядка, а также генетических поисковых стратегий. Схема работы генетического алго-

ритма разбита на два этапа, реализующие сканирование допустимой области функции и уточнение экстремума. На этапе сканирования используются варианты генетических операторов, наиболее хорошо зарекомендовавших себя в исследовании поискового пространства сложных многоэкстремальных функций: *BLX- $\alpha$*  скрещивание, при котором каждый ген потомка выбирается случайным образом из определенного отрезка; турнирный отбор родителей; стратегия элитаризма, при которой в новую популяцию гарантированно переходят особи с максимальной приспособленностью.

Предложенная стратегия оптимизации параметров орудий рыболовства позволяет замкнуть задачу принятия проектных решений в условиях неопределенности, обусловленной многокритериальностью.

**В четвертой главе** предложены оригинальные средства управления и доступа к данным, являющиеся частью информационного обеспечения САПР, отличие которых состоит в хранении данных в объектно-ориентированной форме, что открывает к ним быстрый доступ в оперативной памяти. Применение репозиториев, обеспечивает независимое отображение модели данных от реляционного источника данных. Это дает следующие преимущества с точки зрения проектирования программных систем: 1. быстрый доступ к данным моделей, так как на этом уровне возможно использовать кэш, чтобы не обращаться к серверу базы данных часто; 2. гибкость в отношении к источнику данных, поскольку при необходимости смены источника потребуются откорректировать только SQL код, остальные части системы не будут затронуты изменениями. В модели данных описаны следующие сущности: Trap – сущность ловушки; Face – сущность геометрической грани ловушки; Point – сущность узловой точки, набор которых образует грань; Entrance – сущность входного отверстия; TrapShape – тип ловушки; Gidrobiont – сущность особи; Species – вид особи; Sex – пол особи. Каждый вид включает в себя множество особей. Тип ловушки имеет следующие атрибуты: название типа (TypeName) и производитель (Manufacturer). Каждая ловушка имеет набор составляющих ее граней, которые характеризуются атрибутом толщина (Thickness). В свою очередь, каждая грань ловушки однозначно задается набором узловых точек, которые определены через свойства X, Y, Z - их пространственные координаты в системе координат конструкции ловушки. Также, в каждой грани ловушки могут быть входные отверстия, каждое из них характеризуется полями диаметр (Diameter), Дополнительный механизм (AdditionalMechanism) и Высота размещения входа (Height).

**В пятой главе** содержится информация о функциональных характеристиках разработанной САПР Trap. Возможности и эксплуатационные характеристики системы демонстрирует решение типовой проектной задачи оптимизации крабовой ловушки. САПР Trap:

- обеспечивает оптимизацию раскрытия сетной части;
- выполняет имитацию процесса лова;

- предоставляет возможность выгрузки результатов в удобной настраиваемой для проектировщика форме.
- позволяет назначать варьируемыми параметры компонентов орудий рыболовства при решении задач оптимального проектирования;
- обеспечивает удобное пошаговое задание параметров проектируемых орудий рыболовства на уровне диалогового взаимодействия с проектировщиком;

**В заключении** сформулированы основные научные и практические результаты, полученные на основе проведенных в диссертационной работе исследований.

### **Основные результаты работы**

1. Предложена открытая архитектура САПР орудий рыболовства, отличающаяся наличием инвариантной части, что позволяет развивать и адаптировать САПР к новым задачам проектирования путем добавления новых программных модулей.
2. Впервые разработано общесистемное ядро САПР орудий рыболовства, включающее в себя четыре проблемно-независимые подсистемы - подсистему управления ядром, подсистему управления данными, подсистему визуализации и подсистему оптимизации, - которые в совокупности обеспечивают информационную связь между прикладными средствами программного обеспечения и свободное подключение программных модулей, отвечающих заданным интерфейсам без изменения функциональности ядра.
3. Впервые разработаны методы, модели и алгоритмы имитации процесса лова, позволяющие оптимизировать параметры орудия рыболовства на основе моделирования процесса лова.
4. Предложена стратегия поиска проектных решений, отличительной чертой которой является учет специфики перемещений гидробионтов, процесса лова и орудий рыболовства и использование развитой библиотеки алгоритмов оптимизации параметров орудий рыболовства.
5. Предложены средства управления и доступа к данным, являющиеся частью информационного обеспечения САПР, отличие которых состоит в независимом от реляционного источника отображении модели данных и в быстром доступе к данным в оперативной памяти.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

#### ***Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:***

1. Михеев Ф.А. Генетические алгоритмы решения задач оптимизации частотных характеристик радиоэлектронных схем [Текст] / Марков М.В., Михеев Ф.А., Павлушин В.А // Известия Государственного электротехнического университета серия «Информатика, управление и компьютерные технологии», 2006. №1. с. 33-38;

2. Михеев Ф.А. Моделирование и параметрическая оптимизация в системе оптимального проектирования TRAP [Текст] / Дмитриевич Г.Д., Михеев Ф.А., Фунг Т. В. // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» серия «Информатика, управление и компьютерные технологии», 2013. №1. с. 34-39;
3. Михеев Ф.А. Система оптимального проектирования орудий рыболовства [Текст] / Дмитриевич Г.Д., Михеев Ф.А., Фунг Т. В. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/108-8863>

***Другие статьи, материалы конференций и зарегистрированные программы:***

4. Михеев Ф.А. Программа для ЭВМ Genetic Optimum ver.1.0 (GenOpt v.1.0), свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2006612785 зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 04.08.2006 / Дмитриевич Г.Д., Марков М.В., Михеев Ф.А., Павлушин В.А. // Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам серия «Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных схем». М.: ФИПС, 2006. RU ОБПБТ №3 (56);
5. Михеев Ф.А. программа для ЭВМ Нейросетевой распознаватель текста ver.1.0 (CharRecognizer v.1.0), свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008612398 зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.05.2008 / Дмитриевич Г.Д., Марков М.В., Михеев Ф.А. // Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам серия «Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных схем». М.: ФИПС, 2008. RU ОБПБТ
6. Михеев Ф.А. программа для ЭВМ Анализатор адаптационного процесса костной ткани ver.1.0 (ВТА v.1.0), 2010 / Дмитриевич Г.Д., Марков М.В., Михеев Ф.А. // Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам серия «Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных схем». М.: ФИПС, 2010. RU ОБПБТ № 37-10
7. Михеев Ф.А. программа для ЭВМ Редактор срезов кости ver.1.0 (SliceEditor v.1.0), Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012611344 зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 02.02.2012 / Дмитриевич Г.Д., Марков М.В., Михеев Ф.А. // Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам серия «Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных схем». М.: ФИПС, 2012. RU ОБПБТ
8. Михеев Ф.А. Генетические алгоритмы в лабораторном практикуме [Доклад] / Марков М.В., Михеев Ф.А. // Материалы XII международ-



- ной конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество». СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006. т.2, с. 140-141;
9. Михеев Ф.А. Байесовский алгоритм в задаче прогноза динамики численности морских биоресурсов [Текст] / Дмитриевич Г.Д., Михеев Ф.А., Марков М.В. // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» серия «Информатика, управление и компьютерные технологии», 2007. №3. с. 19-24
  10. Михеев Ф.А. Модель учета промысловых беспозвоночных на основе правил нечеткого вывода [Доклад] / Марков М.В., Михеев Ф.А. // Материалы X международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. т.2, с. 217-220;
  11. Михеев Ф.А. Применение в учебном процессе методики компьютерного моделирования орудий лова промысловых беспозвоночных [Доклад] / Михеев Ф.А. // Материалы XIV международной конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество». СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. т.1, с. 239-240;
  12. Михеев Ф.А. Математическое обеспечение рыбохозяйственной САПР [Текст] / Дмитриевич Г.Д., Марков М.В., Михеев Ф.А. // Сборник статей II международной конференции «Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM». Пенза.:Изд-во «Приволжский дом знаний», 2008. - с. 15-18;
  13. Михеев Ф.А. Новая версия компьютерной программы для обобщенной модели Лесли с фильтром Калмана [Доклад] / Михеев А.А., Михеев Ф.А. // Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана. Материалы отраслевого семинара. Электронное издание. – Владивосток: ОИТ ТИНРО-Центра, 2007. – с. 17-19;
  14. Михеев Ф.А. Модель позиционирования эндопротезов для САПР медицинских изделий [Текст] / Дмитриевич Г.Д., Михеев Ф.А., Марков М.В. // Материалы XI международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. т.2, с. 142-143;
  15. Михеев Ф.А. Разработка методического обеспечения курса «Методы оптимизации» [Доклад] / Дмитриевич Г.Д., Марков М.В., Михеев Ф.А. // Материалы XV международной конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество». СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009, т.1, с. 101-102.
  16. Михеев Ф.А. Влияние течений на промысловую активность ловушек: предварительные результаты вычислительного эксперимента [Текст] / Михеев А.А., Михеев Ф.А. // Биология. Состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалинско-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды Сахалинского научно-исследования инсти-

туда рыбного хозяйства и океанографии. – Южно-Сахалинск :СахНИРО, 2008. – т. 10. - с. 35-56;

17. Михеев Ф.А. Математическое и программное обеспечения рыбохозяйственной САПР [Текст] / Дмитриевич Г.Д., Михеев Ф.А. // Информационные технологии и математическое моделирование систем 2009-2010: Труды международной научно-технической конференции. – М: Учреждение Российской академии наук Центр информационных технологий в проектировании РАН, 2010. – с. 105-114;