

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой общей физики ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» Лихтера Анатолия Михайловича на диссертационную работу Коломейко Федора Викторовича «Автоматизированная система поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле на основе пространственно-временного мониторинга», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)(технические науки).

### **Актуальность диссертационного исследования**

Одним из существенных компонентов в научно обоснованном рационе питания современного человека является, как известно, наличие в нем продуктов с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, которые в значительном объеме имеются в морских рыбах и других гидробионтах. В то же время годовое потребление морских рыбопродуктов в РФ всё ещё ниже по сравнению с многими странами и далеко от нормы, что не в последнюю очередь зависит от экономических показателей рыбодобывающих предприятий. Базирующийся на системном подходе анализ проблем в этой области, установление взаимосвязей между научными исследованиями морских водных биоресурсов и их промыслом приводит к выводу, что эффективная организация вылова планируемых для производства качественной пищевой продукции объемов водных биоресурсов (ВБР) с учётом экологических требований к сохранению их запасов, снижение непроизводительных затрат невозможно без создания новых и совершенствования существующих методов изучения, анализа и прогнозирования состояния ВБР. Для комплексного и оперативного решения этих задач также необходимо наряду с использованием статистических методов обработки биологической и промысловой информации на основе применения средств и возможностей современных IT-технологий внедрение процессов автоматизации всех операций

сбора, хранения, анализа, передачи данных и визуализации полученной информации о промысле, состоянии ВБР и среды их обитания.

В современных научных исследованиях ВБР и их промысла с помощью разнообразных датчиков, размещённых на материальных носителях множества организаций и стран (в том числе искусственных спутниках Земли) собираются большие объёмы данных, которые характеризуются значительной неоднородностью, дискретностью во времени и пространстве, нестационарностью, имеют широкий спектр и диапазон значений, вследствие чего в данном случае особенно важна совместная смысловая и логическая оценка получаемой информации с учётом как опыта экспертов так и слабо формализованных знаний специалистов-практиков. Комплексный подход, учитывающий эти особенности, реализован в рамках разработанной Коломейко Ф.В. автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысла (АСППР), являющейся эффективным инструментом для лиц, уполномоченных принимать указанные решения (ЛПР).

### **Содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа Коломейко Ф.В. состоит из введения, четырех глав, заключения и выводов, списка литературы (160 источников). Общий объем работы составляет 216 страниц. Работа иллюстрирована 109 рисунками, содержит 30 таблиц и 2 приложения.

**Во введении** обоснована актуальность, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, указаны научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** по результатам проведенного анализа технологических процессов научных исследований водных биоресурсов и их промысла как объектов автоматизации определены этапы научной и промышленной деятельности и их взаимосвязь, выполнены композиция и декомпозиция этих процессов, созданы соответствующие графические модели, в том числе блок-схемы



взаимосвязей исследований и промысла ВБР и структурно-функциональные модели.

В рамках этой главы автором описаны, обобщены, систематизированы и проанализированы особенности сбора и обработки промыслово-биологической и гидрологической информации. Отмечена важность выбора способа измерения (ручного или автоматического) параметров состояния ВБР и внешней среды для повышения достоверности формируемых в процессе пространственно-временного мониторинга исходных баз данных. С целью повышения эффективности исследований и промысла ВБР за счёт достижения более высокого уровня автоматизации процессов сбора информации при разработке и функционировании АСППР, а так же учётом выявленных недостатков и проблем существующих способов и состояния автоматизации технологических операций сбора, обработки и анализа информации сформулированы направления их развития и совершенствования.

**Во второй главе** выполнен анализ биотических и абиотических факторов, влияющих на пространственно-временное распределение, биохимический состав и, соответственно, пищевую ценность водных биоресурсов, приведена схема взаимосвязи этих факторов, а также представлен механизм их учета в АСППР. Показано, что с точки зрения системного анализа технологические процессы научных исследований и промысла ВБР являются слабо структурированными. Это связано с тем, что влияющие факторы характеризуются наличием присущих им нестационарных количественных и качественных характеристик, отсутствием единого строгого математического описания, наблюдение и управление ими затруднено по множеству причин, а эксперименты с такими системами точно воспроизвести почти невозможно. Описано применение нечетких множеств и нечеткой логики в задачах анализа, прогнозирования промысла и планирования научных исследований ВБР.

При создании АСППР предусмотрена возможность обобщения исследователем или экспертом как в количественном, так и в качественном виде знаний о ВБР для анализа, прогнозирования, планирования промысла и исследований. Зная текущие и прогнозируемые влияющие (возмущающие)

биотические и абиотические факторы (промысловую обстановку), можно определить управляющее воздействие (орудия лова, средства интенсификации лова, время и район промысла) для получения желаемого значения регулируемых величин: состояния запаса, массы улова, информацию о биологических и биохимических показателях состояния объекта лова (стадии зрелости, содержании жиров, белков, углеводов, размере и т.д.). На основании структурно-функционального и когнитивного моделирования разработана функциональная структура АСППР. С помощью методов сингулярного спектрального анализа (ССА) и прогноза предложена методика получения пространственно-временного распределения ВБР и влияющих факторов и построена когнитивная карта причинно-следственных связей АСППР как с внешним окружением, так и между элементами самой системы.

Реализация предложенной методики осуществляется с помощью разработанного в составе АСППР программного модуля, служащего для построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов. Эта методика и модуль выступают в качестве эффективного инструмента поддержки принятия решений при выполнении задач научных исследований и промысла водных биоресурсов на основе совместного использования экспертной информации и данных пространственно-временного мониторинга. Предложен механизм формирования и использования БЗ для научных исследований и промысла ВБР. Созданы алгоритмы обработки промысловой статистики, биологических и абиотических факторов среды в АСППР.

**В третьей главе** описана программная и техническая структура системы. Представлена разработанная схема информационных потоков в АСППР. Составлена функциональная схема программного обеспечения АСППР. Указано, что ПО АСППР создано автором на языках программирования JavaScript, PHP, Borland Delphi и C++. Обоснована целесообразность разработки программных модулей для АСППР на основе открытого ПО. Показаны и описаны модули АСППР для автоматизации работы с промыслово-биологическими БД, позволяющие пополнять БД информацией непосредственно в ходе промысловых



и научных рейсов, модули интеллектуального анализа данных (Data Mining), а также интерфейсы географической информационной системы (ГИС), выдающей рекомендации из БЗ о ведении исследований и промысла. Внедрение предложенной автором системы автоматизации обработки и анализа данных позволило повысить качество работы экспертов и обеспечить своевременное принятие рациональных решений управленческим персоналом. Описана техническая структура разработанной системы, которая является распределенной и имеет в своём составе информационно-измерительные комплексы, серверы, ПК, мобильные устройства (планшеты, смартфоны) как на берегу в научно-исследовательской и промысловой организации, так и в море на добывающих и исследовательских судах.

Автором даны подробные рекомендации по выбору конфигурации серверов и ПК автоматизированных рабочих мест (АРМ). Разработан алгоритм проектирования АСППР (на основе модифицированного алгоритма Форда-Фалкерсона для решения задачи нахождения максимального потока в транспортной сети) для любых организаций, занимающихся исследованием и промыслом ВБР, с учетом особенностей их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга. Алгоритм позволяет оптимизировать программно-аппаратную структуру АСППР, т.е. определить состав, необходимое количество и качество компонентов аппаратного и программного обеспечения при минимизации затрат на его приобретение.

**В четвертой главе** описаны разработанные автоматизированные рабочие места в составе АСППР для каждой операции (сбор, ввод, хранение, обработка, анализ данных и формирование решений) процессов научных исследований и промысла. Представлена реализация АСППР на данном этапе её развития. Показана структура локально-вычислительной сети научно-исследовательской организации, как одна из основ АСППР. После обобщения результатов разработки и эксплуатации АСППР, описанных в первых трех главах, создана методика внедрения и использования АСППР в научных исследованиях и промысле водных биоресурсов, которая опирается на функциональную структуру АСППР и на алгоритм проектирования АСППР для организаций, занимающихся

исследованием и промыслом ВБР с учетом специфики их функционирования и доступности данных пространственно-временного мониторинга. Для поддержки процедуры принятия указанных решений приведена схема технологического процесса автоматического формирования отчетов в АСППР за выбранный временной период в виде набора рекомендаций по ведению промысла, таблиц с уловами по типам судов, географических карт и диаграмм и показана востребованность результатов работы созданной системы.

**В заключении** приведены основные результаты работы и сформулированы выводы.

**Список литературы** включает исчерпывающее количество ссылок на работы других исследователей в области задач, решенных соискателем в диссертационной работе.

**Автореферат** в достаточной мере отражает содержание диссертационной работы.

Соискателем опубликованы 31 научная работа, в том числе 6 статей в журналах, рецензируемых и рекомендованных ВАК, получено два авторских свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и одно о государственной регистрации базы данных. В публикациях содержатся все основные результаты диссертационного исследования.

### **Новизна научных исследований и полученных результатов**

На основе последовательного применения системного подхода к разработке элементов автоматизированной системы поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле, за счет достижения более высокого уровня автоматизации сбора, обработки, анализа и использования разнородных данных пространственно-временного мониторинга, сочетания математического и когнитивного аппарата для анализа количественных и качественных (экспертных) данных и создания методики построения когнитивных моделей взаимодействия биотических и абиотических факторов, а также сингулярного спектрального, интеллектуального (Data mining) и



многомерного (технология OLAP) анализа данных достигнуто повышение эффективности исследований и промысла ВБР.

Для организаций, занимающихся промыслом и исследованием ВБР, созданы функциональная модель и алгоритм проектирования АСППР, учитывающие индивидуальные отличия их работы и доступность данных пространственно-временного мониторинга. Разработан метод автоматизированного построения карт пространственно-временного распределения ВБР, содержащий последовательные этапы применения сингулярного спектрального анализа, сингулярного спектрального прогноза временных рядов и функциональности ГИС.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Научные положения, результаты и выводы диссертационной работы обоснованы квалифицированным использованием методов математического и компьютерного моделирования, системного анализа, теории автоматического управления, теории множеств и нечетких множеств, методов когнитивного моделирования и нечеткой логики, теории графов, теории принятия решений, теории вероятностей и математической статистики, корреляционного и регрессионного анализа, теории баз данных и знаний, методологии функционального моделирования, теории алгоритмов и языков программирования. Достоверность полученных результатов подтверждается экспериментальными исследованиями технологических операций сбора, ввода, обработки, анализа научной и промысловой информации, проведенными в Атлантическом филиале ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»).

### **Теоретическая и практическая значимость полученных выводов и результатов**

Автоматизированная система поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле, разработанная автором, обеспечивает анализ, прогноз состояния ВБР и факторов среды их обитания. Внедрение и использование АСППР за счет автоматизации определения

перспективного района промысла снижает непроизводительные затраты судов, связанные с поиском скоплений ВБР. АСППР автоматизирует научные исследования ВБР и среды их обитания, обеспечивает подготовку данных и рекомендаций для ЛПР, что позволяет ему выбирать эффективные варианты решения задач, возникающих во время промысла и исследований ВБР, направленные на поддержание режима рациональной эксплуатации и сохранение запасов биоресурсов. Результаты работы системы могут использоваться технологами пищевой промышленности при планировании производства качественной продукции из ВБР.

Программное и аппаратное обеспечение АСППР применяется для автоматизации научных исследований в Атлантическом филиале ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АтлантНИРО»), материалы, подготовленные с использованием модулей АСППР, внедряются в деятельность рыбодобывающих и рыбообрабатывающих организаций, а также для обучения и переподготовки экспертов и специалистов-практиков. ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» («КГТУ») использует результаты диссертационного исследования в учебном процессе факультета «Автоматизация производства и управления». Практическая значимость подтверждается актами внедрения результатов диссертационной работы в деятельность «АтлантНИРО» и в учебный процесс ФГБОУ ВО «КГТУ».

Отличительной и положительной чертой разработанной автором АСППР является то, что система не ориентирована на заранее определённые объекты и районы промысла, а, напротив, при соответствующей подстройке и наполнении её баз данных и знаний она может быть использована для поддержки принятия решений по широкому набору объектов и районов промысла.

#### **Замечания по диссертационной работе**

Анализ содержания диссертационной работы позволяет сделать следующие замечания и рекомендации:



1. Следовало бы привести больше примеров применения методов нечеткой логики в разработанной системе. Представленную лингвистическую переменную и функцию принадлежности апвеллинга (формула 1 на стр. 91) необходимо дополнить еще несколькими переменными и функциями, например, для температуры воды, биомассы фито-зоопланктона и др.
2. Не описан механизм сравнения карт распределения фактических и прогнозируемых уловов для количественного определения достоверности полученной прогнозной карты (рисунок 69) нескольких модулей АСППР.
3. В третьей главе упомянуты нейросетевые алгоритмы для анализа, прогнозирования и формирования рекомендаций ЛПР, но в ходе диссертационного исследования это либо не получило развитие, либо, возможно, просто не представлено в работе.
4. В обобщенной технической структуре АСППР (рисунок 83) информационно-измерительный комплекс следует представить в развернутом виде.
5. Выводы по третьей и четвертой главе желательно сделать развернутыми, так как в представленном виде они слишком сжато отражают результаты работы, описанные в этих главах.
6. Некоторые рисунки содержат множество мелких с трудом различимых деталей (в частности, рисунки 87 и 88).
7. Желательно добавить Приложение, содержащее фрагменты программного кода.
8. Раздел «Заключение и выводы» (стр.192 – 194) состоит из 8 пунктов. На мой взгляд, их число можно было бы уменьшить до 6-ти за счёт разумного объединения 1-го и 3-его, а также 2-ого и 4-ого пунктов и исключения некоторых предложений, повторяющих теоретические положения, имеющиеся ранее в тексте диссертации и не относящиеся по смыслу к данному разделу.

### **Заключение по диссертационной работе**

Выше изложенные замечания не являются определяющими и не снижают общей ценности диссертации Коломейко Ф.В., ее научной и практической значимости.

