

ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта по диссертационной работе докторанта Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева Базарбай Лашин на тему «Разработка мультисенсорной системы контроля показателей воды» представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071600 – «Приборостроение»

1. Актуальность темы исследования

Актуальность мультисенсорного мониторинга в настоящее время является важной составляющей обеспечения охраны водных ресурсов и устойчивости экосистем. За последнее десятилетие контроль качества воды стал одной из главных проблем экологической безопасности и общественного здравоохранения. Традиционные лабораторные методы реальны, они требуют много времени и не могут регистрировать быстрые изменения водной среды. Поэтому разработка мультисенсорных систем, измеряющих основные параметры качества воды (температура, pH, мутность, электропроводность, ORP) одновременно, в режиме реального времени, стала актуальной проблемой. Системы мультисенсорного мониторинга позволяют одновременно определять химические, физические и биологические параметры воды в режиме реального времени

Данная система является современным решением, повышающим эффективность экологического мониторинга и управления водными ресурсами.

2. Степень разработанности проблемы

В диссертационной работе представлена исследовательская работа основывается на идее создания мультисенсорной интеллектуальной системы, которая непрерывно регистрирует основные показатели качества воды (pH, температура, мутность, электропроводность, ORP). Традиционные методы лабораторного анализа имеют высокую точность, но они не могут регистрировать изменения в режиме реального времени и недостаточно информативны для принятия немедленных решений. Технологии Интернета вещей (IoT) предоставляют таким системам возможность удаленного мониторинга, непрерывного получения данных и проведения анализа.

Систематизированы глобальные тенденции и технические требования к мультисенсорным системам (LPWAN, edge-AI, Energy harvesting). Рассмотрены дескриптивные, корреляционные, регрессионные и дисперсионные алгоритмы обработки результатов измерений, показаны статистические критерии проверки нормального распределения. Мультисенсорная модель, представленная в исследовании, имела высокую точность с погрешностью измерения не более 3% и продемонстрировала возможность быстрой и надежной оценки изменений водной среды. Системы

могут точно определять уровень загрязнения воды, содержание вредных веществ и изменения окружающей среды путем сбора больших потоков данных и их автоматизированного анализа. Эти технологии снижают человеческий фактор в контроле качества воды и ускоряют процесс принятия решений.

3. Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка мультисенсорной измерительной системы, измеряющей основные параметры качества воды в режиме реального времени.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

- Анализ научно-технических требований к контролю качества воды и систематизация современных методов мониторинга.
- Определить научную основу мультисенсорной системы, измеряющей основные параметры качества воды, и структурировать методы измерения.
- Разработка концептуальной модели интеллектуальной системы мультисенсорного мониторинга и адаптивного алгоритма для интеграции и анализа данных.
- Формирование методики расчета интегрального индекса качества воды на основе собранных данных.
- Предоставление подходов к интеграции платформ IoT для обработки и визуализации сенсорных данных.
- Оценить эффективность разработанной системы в теоретическом и практическом плане и сравнить с традиционными методами.
- Обоснование экологической и практической эффективности применения системы интеллектуального мониторинга в управлении водными ресурсами.

Поставленные задачи логически взаимосвязаны и обеспечивают системный характер проведённого исследования.

4. Научная новизна работы

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- впервые для комплексного измерения основных параметров качества воды (рН, температуры, мутности, электропроводности, ОРР) в режиме реального времени, их автоматического анализа и прогнозирования была адаптирована концепция «сенсорного интеллекта» к экологическому мониторингу;
- разработана новая математическая модель расчета интегрального индекса качества воды, впервые комплексно определены взаимозависимости и физико-химические закономерности между параметрами;
- предложен адаптивный механизм управления, оптимизирующий работу мультисенсорной сети, за счет автоматической регулировки

частоты измерений уменьшены ложные сигналы, повышена энергоэффективность и точность измерений;

- разработана платформа цифрового мониторинга, объединяющая технологии IoT и Big Data, создана модель экосистемного мониторинга, позволяющая анализировать пространственную и временную динамику качества воды.

5. Обоснованность научных результатов и достоверность выводов

Полученные научные результаты подтверждаются результатами численного моделирования и экспериментальными данными. Выводы диссертации логически вытекают из поставленных задач и подтверждаются проведёнными экспериментальными исследованиями, что свидетельствует о высокой степени обоснованности и достоверности полученных результатов.

6. Апробация результатов и публикационная активность

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в научных изданиях и представлены на научных конференциях различного уровня.

По теме диссертации опубликованы:

По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ. Из них одна работа опубликована в журнале Q3 в базе данных Scopus (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, процентиль 59%), одна работа-в журнале индекса Scopus (Technology Audit and Production Reserves), три работы-в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК (Вестник КазАТК 2025; Вестник Алматинского университета энергетики и связи 2025; Вестник ГУ им. Шакарима 2020), четыре работы — опубликованы в материалах международной конференции (IOP MSE 2020; IEEE NeuroNT 2024; IEEE EExPolytech 2024; IEEE ADMInC 2024)..

Апробация результатов исследования проведена в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD).

7. Заключение

Диссертационная работа **Базарбай Лашын** является завершённым научным исследованием, отличающимся высокой актуальностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Автор продемонстрировал высокий уровень профессиональной подготовки, глубокие знания в области приборостроения, а также уверенное владение методами инженерного анализа, математического моделирования и экспериментальных исследований. В результате проведенных исследований впервые были комплексно оценены связи между качественными показателями воды, доказана их корреляция и статистическая значимость. Если ранее такие показатели изучались отдельно, то в данной работе их взаимовлияние характеризовалось с помощью единой аналитической модели. Полученные данные позволили глубже понять природу физико-химических процессов, протекающих в водной среде, и заложили математическую основу для прогнозирования качества воды.

Большое практическое значение имеет мультисенсорная система. Позволяет отслеживать качество воды в режиме реального времени, удаленно обрабатывать полученные данные и вводить их в автоматизированные системы принятия решений. Система имеет высокую энергоэффективность, низкую стоимость и компактную конструкцию, ее можно использовать на экологических контрольно-пропускных пунктах, коммунальных предприятиях и в сельском хозяйстве

Представленная диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени **доктора философии (PhD)** по образовательной программе **по специальности 6D071600 – «Приборостроение»**, а её автор **Базарбай Лашин** заслуживает присуждения указанной ученой степени.

Отечественный научный консультант

кандидат физико-математических наук,
ассоциированный профессор



Бактыбаев М.К.