ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Информационное обеспечение цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 2.3.8
«Информатика и информационные процессы»

Докладчик Тевяшов Глеб Константинович

Научный руководитель
д.т.н., профессор, г.н.с. ИПУ РАН Мещеряков Роман Валерьевич

Актуальность работы (1/2)

Значимость для Российской Федерации

Значительные водные ресурсы и биологические запасы Российской Федерации, развитие аквакультуры и эксплуатация подводных сооружений обусловливают необходимость систематического мониторинга состояния подводной среды.







Развитие цифрового мониторинга

Развитие цифровых технологий в производственных и природоохранных процессах увеличивает число средств наблюдения и объём разнородной информации, требующей оперативного получения, передачи, хранения и анализа.

Специфика объекта мониторинга

Условия подводного наблюдения изменяются во времени и по акватории, а ограниченная доступность объектов затрудняет получение полной информации об их состоянии.

Данные поступают от различных источников и отличаются по структуре и периодичности, а их получение и передача ограничиваются условиями связи, энергообеспечения и размещения оборудования.

Актуальность работы (2/2)

Направления мониторинга

1. Мониторинг водной среды.	2. Мониторинг гидробионтов.	3. Мониторинг подводной инфраструктуры.

Проблема

Существующие технические решения и нормативные документы преимущественно рассматривают направления мониторинга раздельно. При этом изменения состояния водной среды, гидробионтов и подводной инфраструктуры взаимосвязаны, что требует их совместного рассмотрения.

Следствие

Необходима общая архитектурная и информационная основа, обеспечивающая совместное рассмотрение трёх направлений мониторинга и позволяющая на базе обобщённой архитектуры формировать специализированную архитектуру программно-аппаратного комплекса для конкретной задачи с учётом условий мониторинга. При изменении задачи или условий состав средств и связей может корректироваться без изменения общей архитектурной основы.

Цель работы

Целью исследования является повышение эффективности проектирования и функционирования инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды за счёт разработки информационного обеспечения цифровой технологии.

Объект исследования – инфокоммуникационные системы экологического мониторинга подводной среды.

Предмет исследования – информационное обеспечение цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды.

Основные задачи исследования

1. Провести анализ существующих программно-аппаратных комплексов инфокоммуникационных систем экологического мониторинга подводной среды и методов обработки и интерпретации информации для выявления ограничений существующих решений и обоснования необходимости разработки информационного обеспечения цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды.
2. Разработать обобщённую архитектуру программно-аппаратного комплекса инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды и методику формирования специализированных архитектур для конкретных задач и условий мониторинга.
3. Разработать метод распознавания состояния подводной среды на основе нейронечёткой интерпретации и байесовского объединения разнородной информации для автоматизированного оценивания и прогнозирования состояния подводной среды.
4. Разработать модель описания информационных процессов для формирования информационного обеспечения цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды.
5. Провести вычислительный эксперимент и прикладную апробацию методики формирования специализированной архитектуры, метода и модели для оценки эффективности проектирования и функционирования инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды.

Предметная область исследования



- R.E. Munn
- Ю.А. Израэль
- И.П. Герасимов
- Ф.Я. Ровинский
- В.Е. Соколов
- К.А. Вытовтов

- Д.А. Новиков
- Р.В. Мещеряков
- А.А. Захарова
- И.А. Каляев

- J. Pear
- lL. Zadeh
- Y. LeCun
- G. Hinton
- Y. Bengio
- Ю.И. Журавлёв
- К.В. Рудаков
- Ю.В. Визильтер
- А.В. Конушин
- А.Л. Ронжин
- Е.А. Барабанова

- T.I. Fossen
- J.J. Leonard
- D.R. Yoerger
- L.L. Whitcomb
- J.G. Bellingham
- М.Д. Агеев
- Л.В. Киселев
- Д.В. Войтов
- В.Ф. Филаретов

Научная новизна работы

1) Обобщённой **архитектуры программно-аппаратного комплекса** инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды, **отличающейся** выделением общей архитектурной основы и правил её специализации в зависимости от решаемой задачи и условий мониторинга, **что позволяет** на основе разработанной методики формировать специализированную архитектуру программно-аппаратного комплекса для конкретной задачи экологического мониторинга подводной среды (*соответствует п. 9 паспорта научной специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы»*).

2) Метода распознавания состояния подводной среды, **отличающегося** адаптивной фильтрацией наблюдений с учётом контекста и условий их получения, нейронечёткой интерпретацией наблюдаемых признаков и их байесовским объединением, **что позволяет** выполнять оценивание и прогнозирование состояния подводной среды при разнородности и неполноте исходной информации (*соответствует пп. 7, 13 паспорта научной специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы»*).

3) Модели описания информационных процессов цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды, **отличающейся** единым описанием состава используемой информации, её источников, условий получения, координатно-временной привязки и взаимосвязи результатов последовательных информационных процессов, **что позволяет** формировать из разнородных наблюдений набор информации текущей расчётной итерации для последующего оценивания и прогнозирования состояния подводной среды (*соответствует п. 1 паспорта научной специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы»*).

Исходные условия разработки



В зависимости от задачи выбираются необходимые направления W, B и S, состав используемой информации, программных и аппаратных средств.

Положение, выносимое на защиту 1

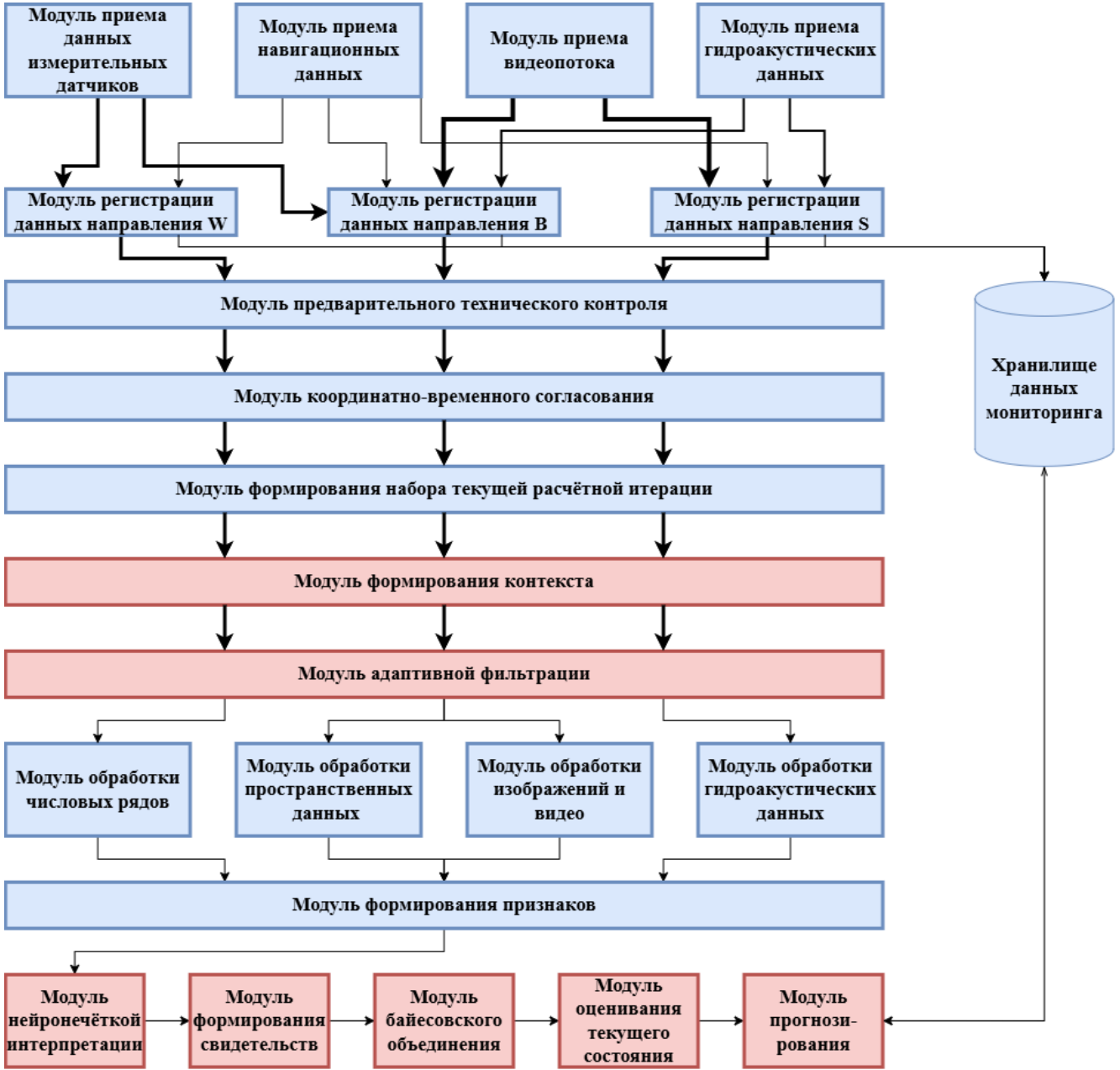
Обобщённая **архитектура программно-аппаратного комплекса** инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды определяет общую архитектурную основу системы и порядок её специализации в зависимости от конкретной задачи и условий мониторинга.

Принципы, требования и критерии архитектуры ПАК

ГОСТ Р 57100-2025 | ГОСТ Р 57193-2025 | ГОСТ Р 72498-2025 | ГОСТ Р 27.102-2021 | ГОСТ Р 56063-2014 |

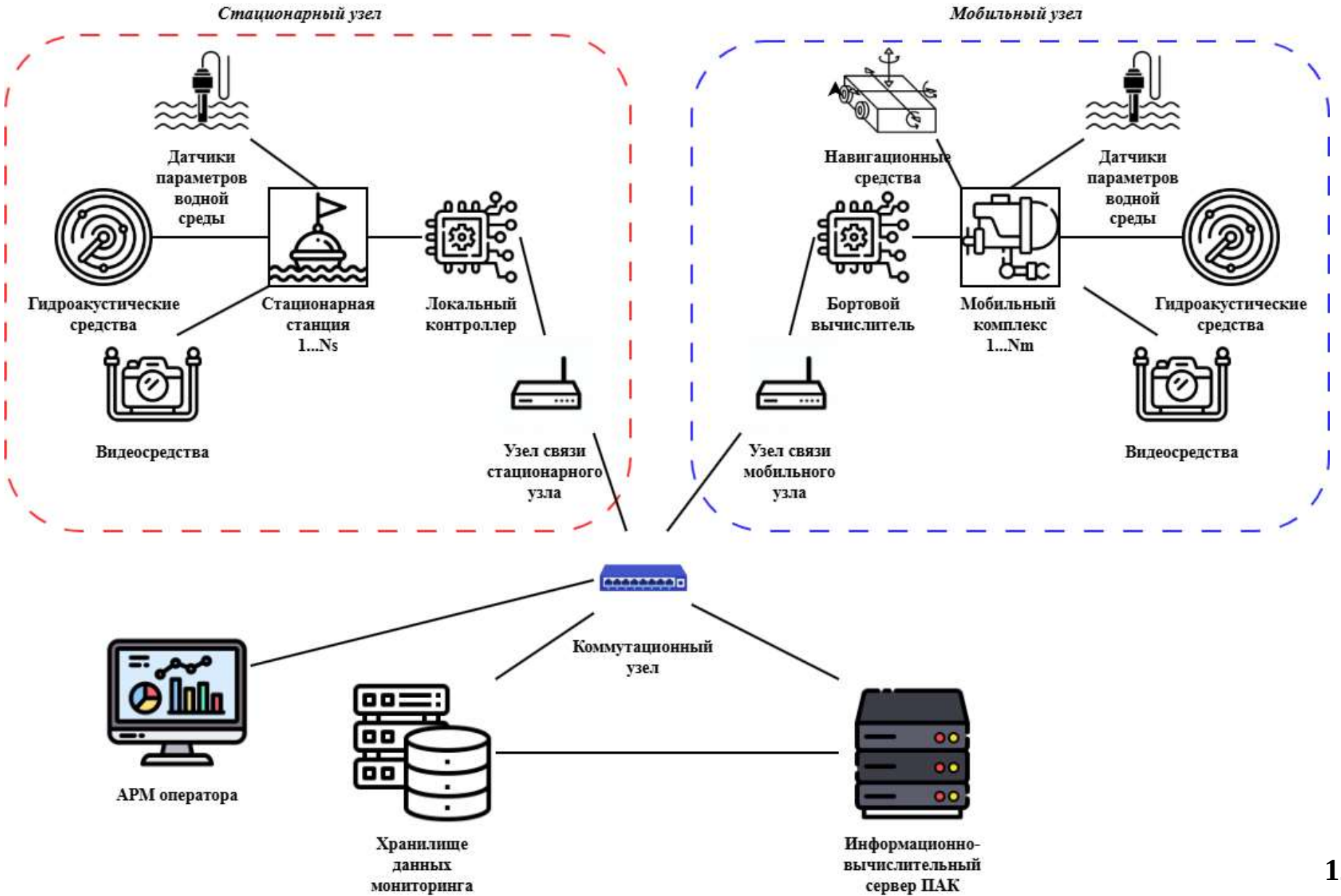
Принципы построения обобщённой архитектуры	**1) Полнота состава наблюдений** **2) Модульность** **3) Конфигурируемость** **4) Масштабируемость**	**5) Согласованное информационное взаимодействие** **6) Совместимость** **7) Надёжность.**
Требования к архитектуре	**Т1. Полнота состава наблюдений** **Т2. Модульность** **Т3. Конфигурируемость**	**Т4. Масштабируемость** **Т5. Совместимость** **Т6. Надёжность**
Критерии оценки	**К1. Функциональная полнота** **К2. Полнота охвата наблюдений** **К3. Координатно-временная привязка**	**К4. Оперативность получения результата** **К5. Эксплуатационная готовность** **К6. Ресурсная обеспеченность.**

Архитектура программной составляющей ПАК



Красным выделены модули, реализующие разработанный метод распознавания состояния.

Архитектура аппаратной составляющей ПАК




Формирование специализированной архитектуры
Обобщённая архитектура ПАК
Полный состав функциональных модулей и типов аппаратных средств
Решаемая задача мониторинга и условия её выполнения
Направления W, B, S, требования к наблюдениям, ограничения и условия среды
Выбор состава архитектурных элементов
Направления наблюдения (W, B, S) → аппаратные средства → программные модули → связи
Специализированная архитектура ПАК
Состав и конфигурация для конкретной задачи и условий мониторинга
Проверка по критериям K1-K6
Оценка соответствия требованиям и условиям задачи
корректировка

Положение, выносимое на защиту 2

Метод распознавания состояния подводной среды, включающий формирование контекста наблюдения, адаптивную фильтрацию данных с учётом условий их получения, нейронечёткую интерпретацию наблюдаемых признаков и байесовское объединение свидетельств, обеспечивает оценивание и прогнозирование состояния подводной среды при разнородности и неполноте исходной информации.

Формирование контекста и адаптивная фильтрация данных

1. Формирование контекста расчётной ситуации

Контекст C_k включает характеристики условий среды и проведения наблюдений, влияющие на правила фильтрации и интерпретации данных (*например, мутность, освещённость, течение, глубина, время суток, зона наблюдения, режим работы объекта)*.

2. Адаптивная фильтрация данных

Для каждой записи определяется возможность её использования на текущей расчётной итерации с учётом технической корректности и контекста наблюдения.

$$a_{i,k}^{u} = \begin{cases} 1, & \text{если запись может использоваться на итерации } k, \\ 0, & \text{если запись не используется на итерации } k. \end{cases} \quad (2.9)$$

3. Формирование множества допущенных данных

$$D_{k,\text{app}}^{u} = \{O_i^u \in D_k^u \mid a_{i,k}^u = 1\} \quad (2.10)$$

Корректно зарегистрированное отклонение от характерного или нормативного диапазона не исключается фильтрацией и передается на интерпретацию.

Подготовка и нейронечёткая интерпретация признаков

4. Формирование признаков

Числовые наблюдения и результаты обработки изображений, видео и гидроакустических данных приводятся к числовым признакам.

5. Определение отклонения признака от характерного диапазона

$$\delta_{j,k} = \begin{cases} \dfrac{x_{j,min} - x_{j,k}}{\sigma_j}, & x_{j,k} < x_{j,min}, \\ 0, & x_{j,min} \le x_{j,k} \le x_{j,max}, \\ \dfrac{x_{j,k} - x_{j,max}}{\sigma_j}, & x_{j,k} > x_{j,max}, \end{cases} \qquad 2.11$$

Значение $\delta_{j,k} = 0$ соответствует нахождению признака в диапазоне нормы, увеличение $\delta_{j,k}$ характеризует рост выраженности отклонения

6. Нечёткая интерпретация

$$\mu_{j,l,k} = \mu_{j,l}(\delta_{j,k}), \qquad \mu_{j,l,k} \in [0,1] \qquad 2.12$$

Категории: норма, умеренное отклонение, существенное отклонение.

Нечёткая интерпретация обеспечивает плавный переход между соседними категориями вместо жёсткого порогового решения.

Формирование и байесовское объединение свидетельств

7. Формирование множества гипотез состояния

$$\mathcal{H} = \{H_0, H_1, \dots, H_M\}. \qquad 2.13$$

H_0 - отсутствие значимых изменений; остальные гипотезы соответствуют изменениям одного или нескольких направлений.

8. Формирование мягкого свидетельства

Мягкое свидетельство сохраняет степени принадлежности признака нечетким категориям.

$$P(E_{j,k} \mid H_h) = \sum_{l=1}^{L_j} \mu_{j,l,k}\ P(Z_{j,l} \mid H_h) \qquad 2.14$$

Формула связывает нечёткую и байесовскую части метода.

9. Байесовское объединение доступных свидетельств

$$P(H_h \mid E_k) = \frac{P(E_k \mid H_h)P(H_h)}{\sum_{r=0}^{M} P\,(E_k \mid H_r)P(H_r)} \qquad 2.15$$

При отсутствии одного из направлений объединение выполняется по фактически доступной информации.

Оценивание и прогнозирование состояния

10. Формирование результата оценивания

$$S_k^* = H_{h^*}, \qquad h^* = \arg\max_{0 \le h \le M} P(H_h \mid E_k). \tag{2.16}$$

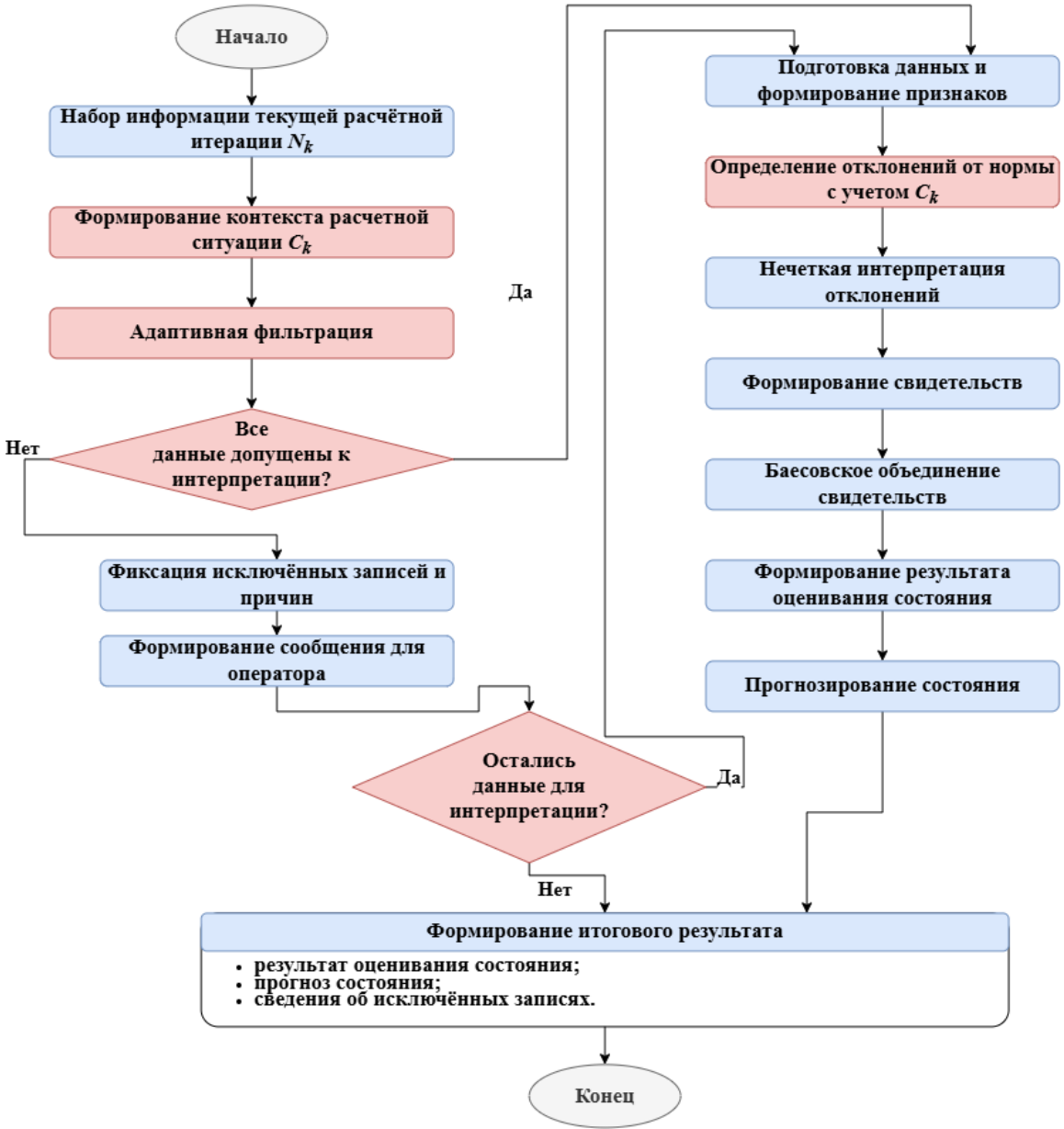
Результатом является гипотеза с максимальной апостериорной вероятностью.

11. Прогнозирование состояния

Для каждой гипотезы анализируется изменение апостериорной вероятности между последовательными расчётными итерациями, после чего тенденция продолжается на заданный горизонт прогнозирования. Прогнозируемое состояние соответствует гипотезе с максимальной прогнозной вероятностью на выбранном горизонте.

Оценивание текущего состояния и прогноз сохраняются как отдельные результаты.

Схема алгоритма, реализующий метод распознавания состояния подводной среды



Положение, выносимое на защиту 3

Модель описания информационных процессов цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды определяет состав используемой информации, её источники, условия получения, координатно-временную привязку и связи между результатами последовательных информационных процессов.

Единое представление информации мониторинга

Направление W	Направление B	Направление S
измерительные данные о водной среде	визуальные, гидроакустические и телеметрические данные о гидробионтах	визуальные, гидроакустические и диагностические данные о подводной инфраструктуре

Для единого представления результатов независимо от их физической природы вводится типовая запись наблюдения.

$$O_i^u = (g_i^u, p_i^u, y_i^u, t_i^u, r_i^u, s_i^u), \qquad u \in \{W, B, S\} \tag{2.17}$$

где g_i^u - объект наблюдения;

p_i^u - наблюдаемый показатель;

y_i^u - результат наблюдения или программной обработки;

t_i^u - момент получения или формирования результата;

r_i^u - пространственная или зональная привязка;

s_i^u - идентификатор источника данных или программного модуля, сформировавшего результат.

Типовая запись сохраняет содержание результата и сведения о его происхождении.

Координатно-временное согласование информации

1. Формирование расчётного временного интервала

$$T_k = [t_k - \Delta t_k,\ t_k]. \qquad 2.38$$

2. Отбор согласованных записей каждого направления

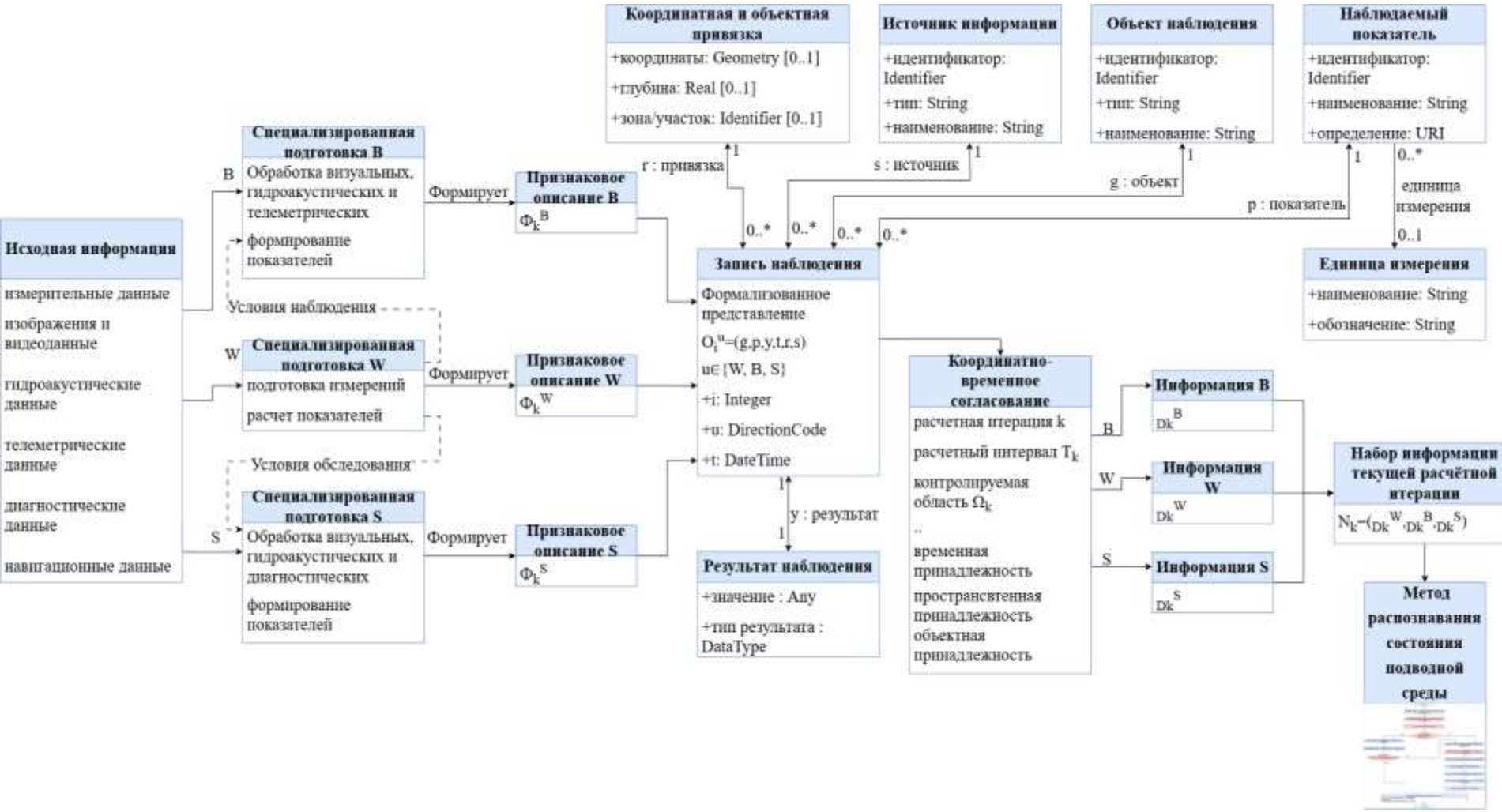
$$D_k^u = \{O_i^u : t_i^u \in T_k,\ r_i^u \in \Omega_k\}. \qquad 2.39$$

3. Формирование набора информации текущей расчётной итерации

$$N_k = \left(D_k^W,\ D_k^B,\ D_k^S\right). \qquad 2.40$$

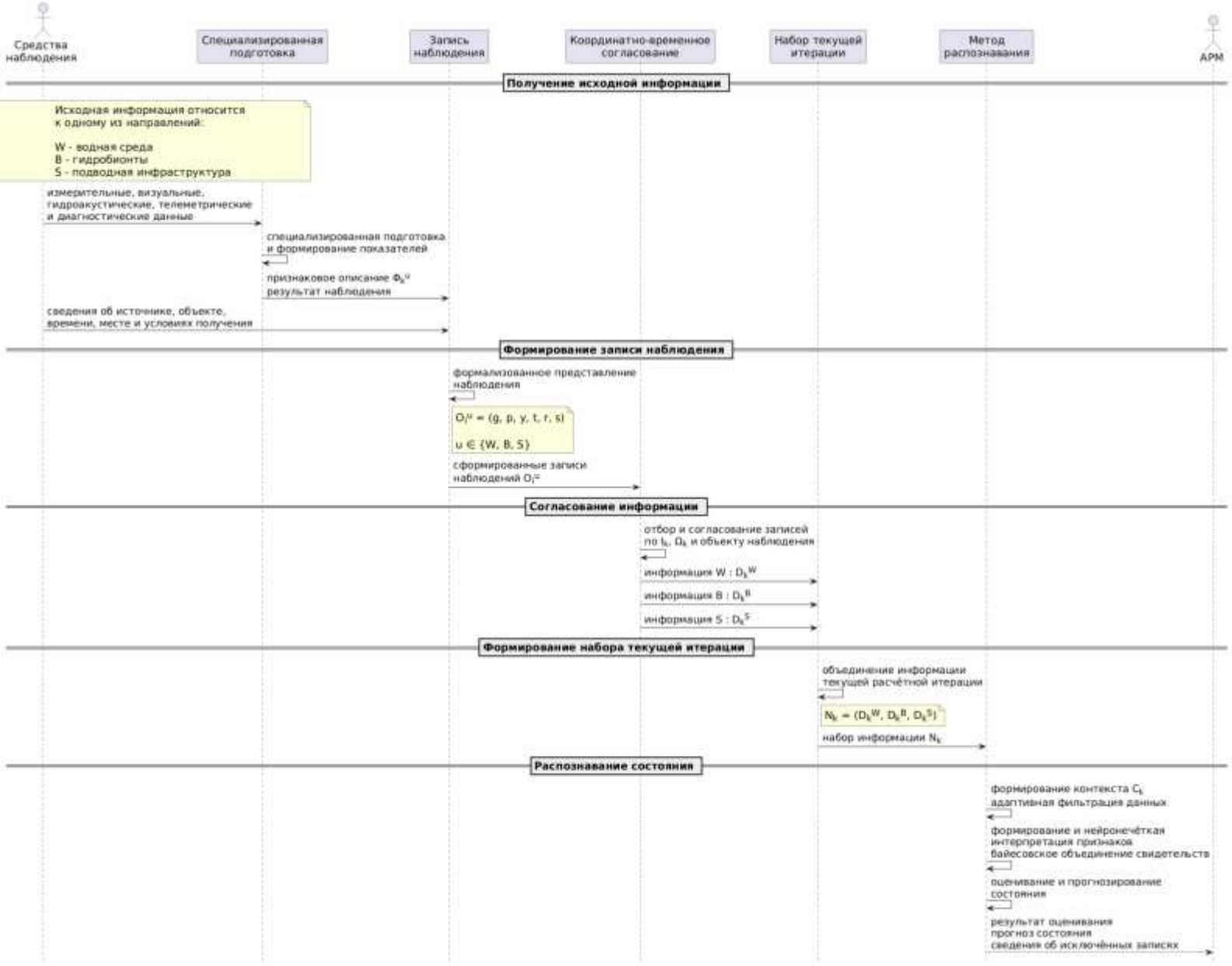
В набор включается информация, относящаяся к одной расчётной ситуации по времени, области и объекту наблюдения.

Модель описания информационных процессов цифровой технологии



Модель связывает исходные наблюдения, результаты их подготовки, информационные сущности и набор текущей расчётной итерации.

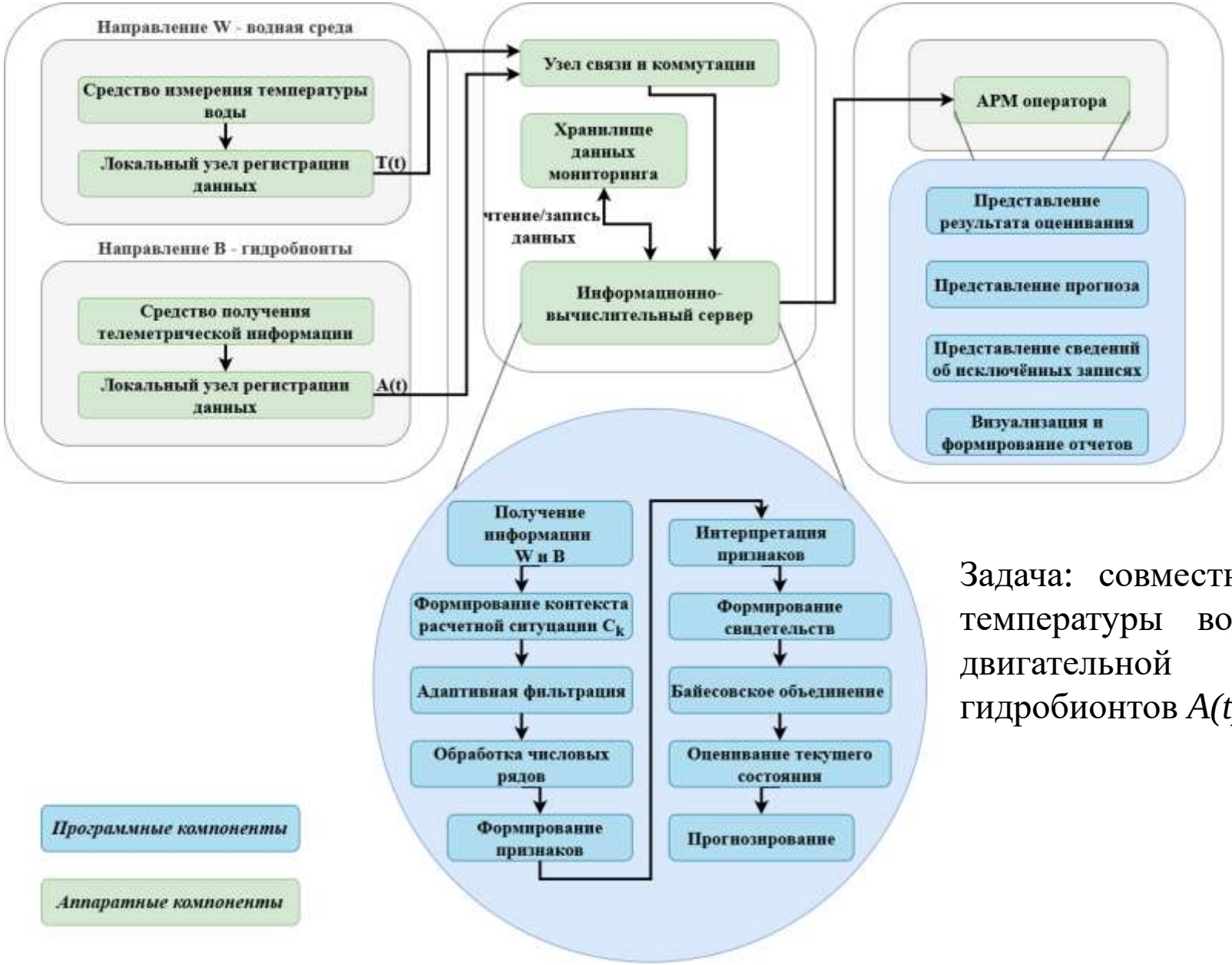
Последовательность информационных процессов цифровой технологии



Результат каждого информационного процесса используется как входная информация последующего процесса

Вычислительный эксперимент и результаты

Специализированная архитектура ПАК для вычислительного эксперимента



Задача: совместный анализ температуры воды *T(t)* и двигательной активности гидробионтов *A(t)*.

Конкретизация модели для выбранной задачи

1. Активные направления

- *W*: температура воды (*T*)
- *B*: двигательная активность (*A*)

2. Расчётный шаг

10 мин, k=1, …, 288

3. Набор информации текущей расчётной итерации

$$N_k = \left(D_k^W, D_k^B\right). \qquad 3.1$$

4. Контекст расчётной ситуации

Время суток и ожидаемая доступность информации направления (*B*).

Пространственная область в эксперименте фиксирована, поэтому согласование выполняется по эксперименту и номеру расчётного шага.

Формирование экспериментальных данных

Эмпирические источники	**Синтетические ряды T(t) и A(t)**	
Для *W.* Телеметрические данные по карпу → характер изменения температуры Для *B.* Данные двигательной активности судака → суточный профиль и разброс VeDBA	Физиологическая зависимость A(t) от T(t) при генерации не задавалась.	200 экспериментов 4 сценария × 50 реализаций 48 часов шаг 10 мин 288 шагов на эксперимент 57 600 расчётных строк

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	exp_id	step	scenario_code	truth_W_change	truth_B_change	truth_T_applicable	truth_A_applicable	injected_error_type	
2	1	1	S01	0	0	1	0	none	
3	1	2	S01	0	0	1	0	none	
4	1	3	S01	0	0	1	0	none	
5	1	4	S01	0	0	1	0	none	
…									
42	1	41	S01	0	1	1	1	none	
43	1	42	S01	0	1	1	1	none	
44	1	43	S01	0	1	1	1	none	
45	1	44	S01	0	1	1	1	none	
…									
8831	31	190	S01	0	0	1	1	none	
8832	31	191	S01	0	0	0	1	T_outlier_100	
8833	31	192	S01	0	0	1	1	none	
8834	31	193	S01	0	0	1	1	none	

Сценарии вычислительного эксперимента

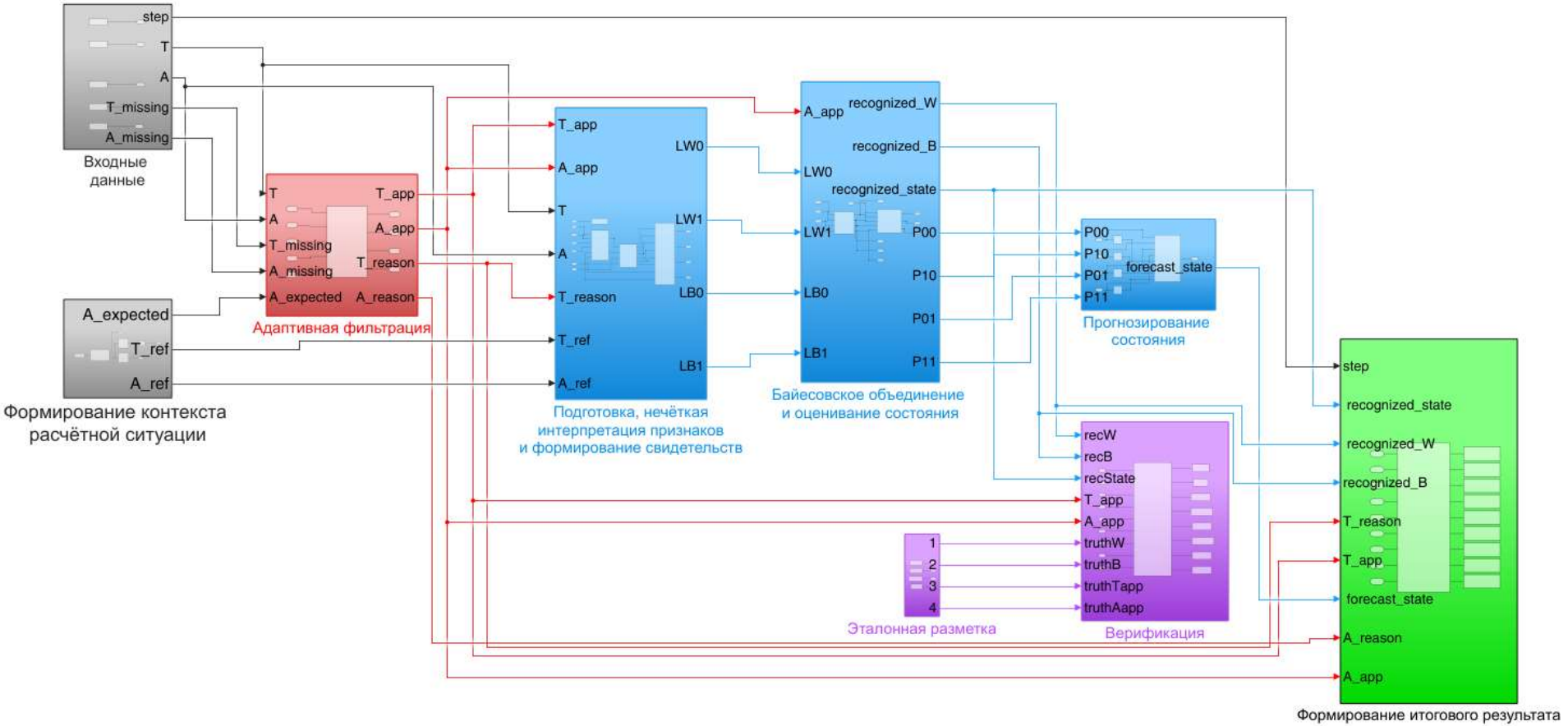
Сценарий	Изменение W	Изменение B	Содержание
S00	0	0	Значимые изменения отсутствуют
S10	1	0	Изменение температуры
S01	0	1	Изменение активности
S11	1	1	Совместное изменение температуры и активности

Для каждого сценария сформировано 50 реализаций.

Данные для проверки адаптивной фильтрации:

- 109 технически некорректных температурных измерений;
- 38 нештатных пропусков активности;
- отсутствие активности ночью 22:00-06:00 задаётся как штатное условие.

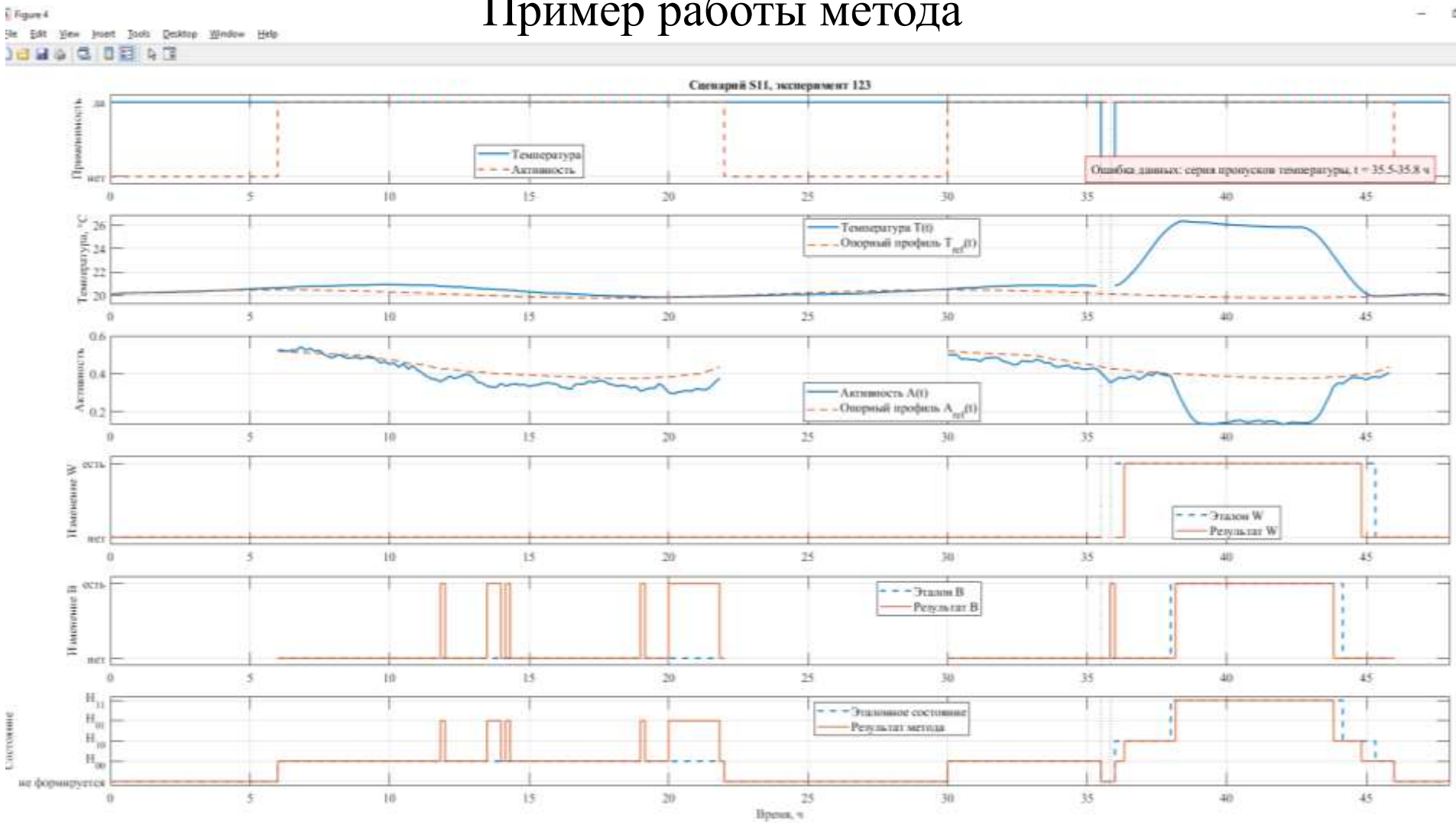
Вычислительный стенд MATLAB/Simulink



Основной поток: входные данные → контекст → адаптивная фильтрация → нечёткая интерпретация → байесовское объединение → оценивание → прогнозирование.

Эталонная разметка подключена только к подсистеме верификации.

Пример работы метода



Пример результата для сценария S11:

- выявляется изменение температуры W;
- внутри него выявляется изменение активности B;
- технически некорректные данные исключаются фильтрацией.

Итоговые результаты эксперимента

Сценарий	W, %	B, %	W+B, %
S00	100,00	85,98	85,99
S10	97,65	85,21	82,30
S01	99,91	84,20	84,06
S11	97,33	86,57	83,16
Среднее	**98,72**	**85,49**	**83,88**

Точность оценивания:

$$Acc_X = \frac{1}{N_X}\sum_{k=1}^{N_x} I\left(\hat{y}_{X,k} = y^*_{X,k}\right)\cdot 100\% \qquad 3.4$$

Точность прогнозирования:

$$Acc_{pr} = \frac{1}{N_{pr}}\sum_{k=1}^{N_x} I\left(\hat{H}(k+3) = H^*(k+3)\right)\cdot 100\% \qquad 3.7$$

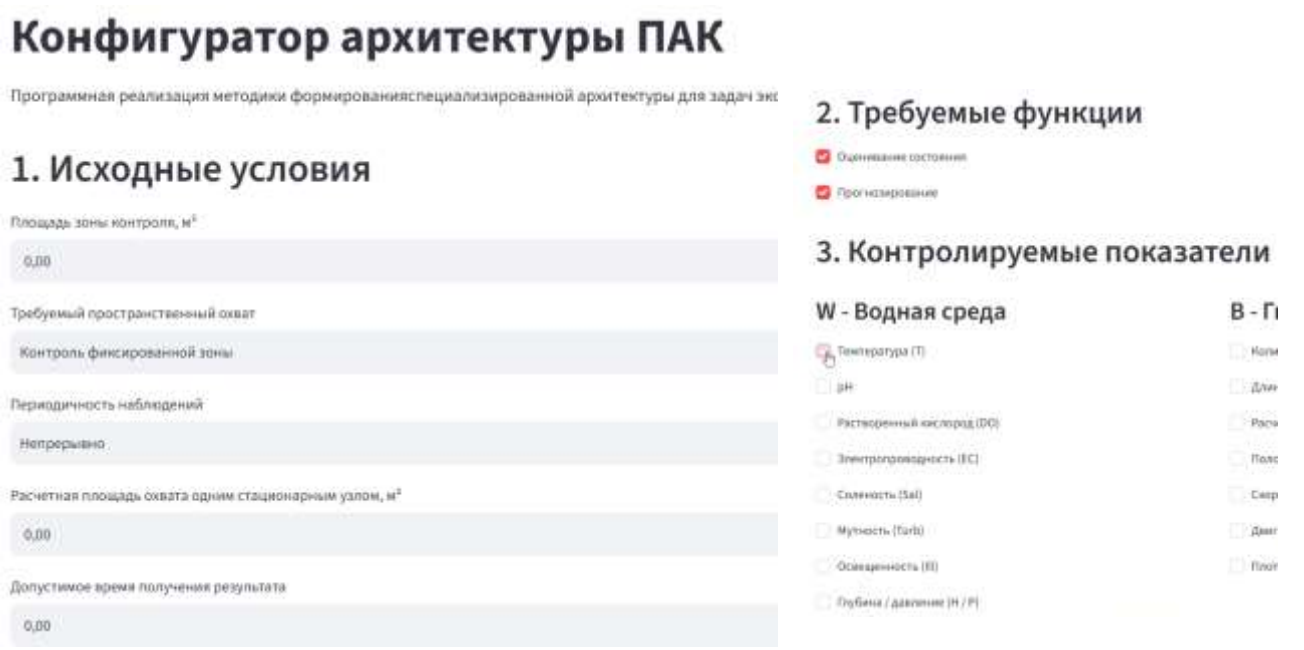
Адаптивная фильтрация: 100 %

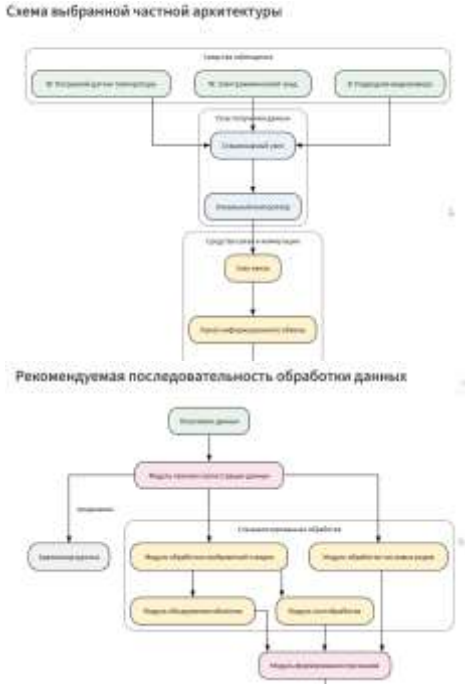
Прогнозирование, горизонт 30 мин: 78,03 %

36 969 допустимых сопоставлений.

Прикладная апробация разработанных решений и оценка их эффективности

Программная реализация методики формирования специализированной архитектуры





Входные параметры задачи:	Результат работы конфигуратора:
зона наблюдения; режим пространственного охвата; периодичность наблюдений; допустимое время получения результата; необходимость оценивания и прогнозирования; направления мониторинга.	состав ПАК; рекомендованные узлы наблюдения; архитектурные схемы.

Назначение
Формирование специализированной архитектуры под конкретную задачу и условия мониторинга.

Контроль параметров водной среды

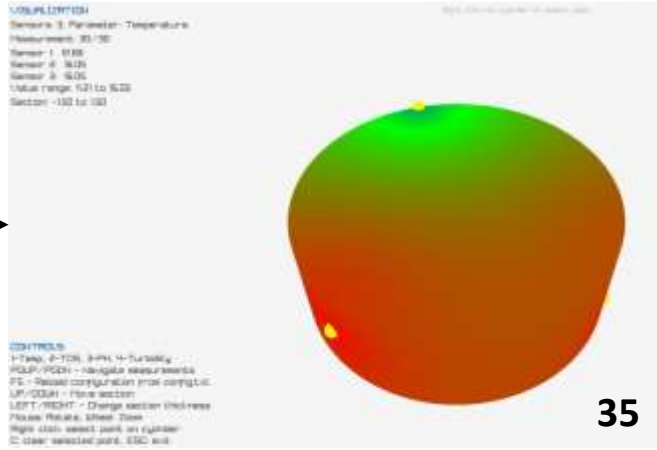
Используемая информация:
- температура;
- pH;
- растворённый кислород;
- мутность;
- электропроводность и др.

Результат:
- отображение текущих значений;
- выявление отклонений;
- передача данных на сервер обработки.





	A	B	C	D	E	F
1	Время (с)	pH (ед)	DO (мг/л)	TDS (ppm)	Мутность (NTU)	Температура (°C)
2	0	7,145967982	8,041266678	510,4499174	1,225843851	22,32856865
3	10	7,044872572	8,088042164	484,6685243	1,196487648	21,7597608
4	20	6,956946358	8,023337514	505,2177541	1,142676582	21,97857191
5	30	6,959836978	7,944276472	495,144807	1,194895189	21,76706297
6	40	7,030917551	8,127446132	506,8845765	1,386953631	21,91721964
7	50	7,007892407	7,783305336	502,0433399	1,179482943	22,3609631
8	60	6,977057476	8,106825259	505,99754	1,147847632	22,0153093
9	70	6,937823333	7,926796615	494,6270988	1,199326149	21,51274571



Определение численности, размеров и активности гидробионтов

Формируемые результаты:
- численность;
- размеры;
- траектории;
- двигательная активность.

Практический результат:
Решение использовано при создании цифрового аквакультурного комплекса



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2026661602

«Программа для автоматизированного измерения длины осетровых в бассейне по видеозаписи с построением средней линии объекта»

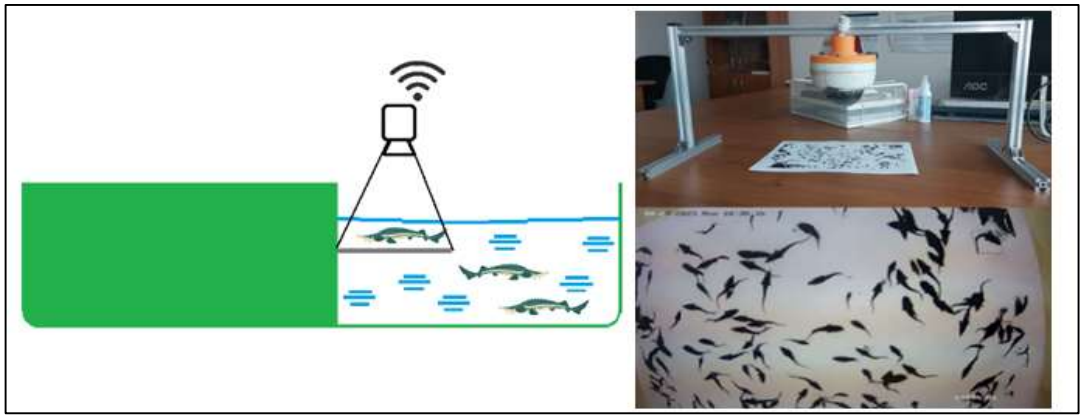
Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (RU)*

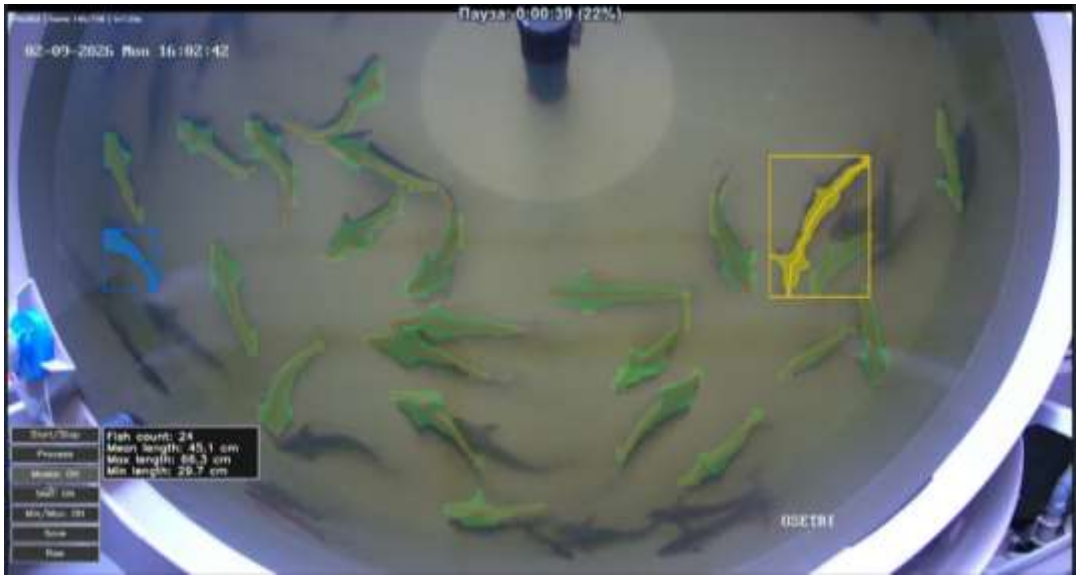
Автор(ы): *Тевяшов Глеб Константинович (RU)*

Заявка № 2026660379
Дата поступления 09 апреля 2026 г.
Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ *22 апреля 2026 г.*

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





Детектирование и подсчёт икры на изображениях

Особенности задачи:
- большое число малых объектов;
- частичное перекрытие;
- необходимость высокой точности

Результат:
- локализация икры;
- подсчёт;
- формирование статистических показателей.







РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023686143

«Программа для наблюдения, захвата рабочей сцены и детектирования малоразмерных объектов в их тесном скоплении»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (RU)*

Авторы: *Русаков Константин Дмитриевич (RU), Тевяшов Глеб Константинович (RU)*

Заявка № 2023684825
Дата поступления 21 ноября 2023 г.
Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 04 декабря 2023 г.

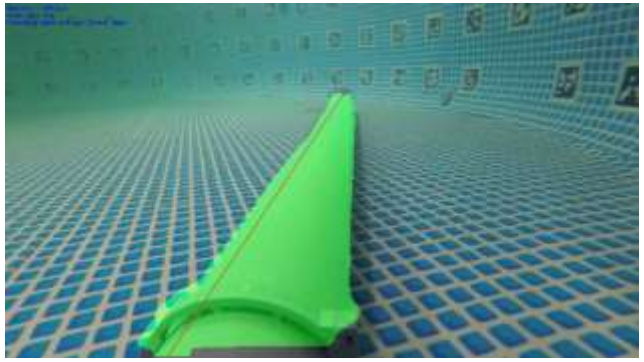
Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Контроль подводной инфраструктуры на примере трубопровода

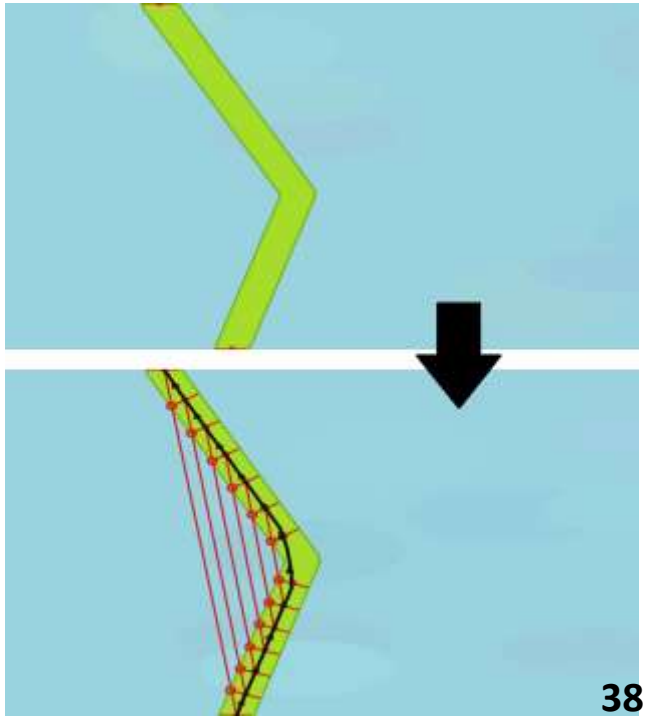
Формируемые результаты:
- выделение объекта;
- определение геометрии;
- подготовка данных для оценки состояния.

Назначение:
- применение разработанных решений для направления S.









Оценка повышения эффективности проектирования

Стадия по ГОСТ Р 59793-2021	Результат использования разработанных решений
1. Формирование требований к АС	Повторное использование принципов, требований Т1–Т6 и критериев К1–К6
2. Разработка концепции АС	Автоматизированный выбор состава компонентов и связей специализированной архитектуры
3. Техническое задание	Формирование состава функций, источников информации и информационных процессов
4. Эскизный проект	Автоматическое построение схем программной и аппаратной составляющих специализированной архитектуры
5. Технический проект	Уточнение состава программных модулей и проверка сформированного решения
6. Рабочая документация	Использование сформированной конфигурации как исходных данных
7. Ввод в действие	Использование конфигурации при комплектации и проверке
8. Сопровождение АС	Повторное формирование архитектуры при изменении задачи или условий

Направление мониторинга	Время формирования проектного решения, с
W: Водная среда	38
B: Гидробионты	36
S: Подводная инфраструктура	50

Примечание: приведено время автоматизированного формирования проектного решения, а не продолжительность стадий создания системы по ГОСТ Р 59793-2021.

Оценка повышения эффективности функционирования

Группа признаков	**Что оценивалось**	**Результаты анализа 23 существующих решений**	**Разработан-ные решения**
Направления мониторинга	W, B, S, совместная организация направлений	Совместная организация нескольких направлений представлена частично в 5 из 23 решений	+
Архитектурные свойства	Формирование архитектуры под задачу, гибкость, модульность, масштабируемость	Формирование специализированной архитектуры под задачу: 0 из 23; гибкость, модульность и масштабируемость представлены частично в 9 из 23	+
Информационные возможности	Единое представление разнородных результатов, координатно-временная привязка, совместное использование данных	Совместное использование данных разных направлений представлено в 5 из 23 решений, из них явно - в 1	+
Аналитические возможности	Адаптивная фильтрация, учёт условий, нейронечёткая интерпретация, байесовское объединение, оценивание, прогнозирование	Адаптивная фильтрация: 0 из 23; учёт условий - частично в 2; нейронечёткая интерпретация: 0; байесовское объединение: 0; прогнозирование: 0	+

Разработанные решения обеспечивают полный набор рассмотренных возможностей в рамках принятой системы признаков.

Теоретическая значимость работы

Полученные результаты формируют теоретическую основу информационного обеспечения цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды. При переходе к новой задаче мониторинга сохраняются общие принципы построения архитектуры, порядок выполнения информационных процессов и правила описания используемой информации, а состав программно-аппаратных средств и информационных ресурсов определяется конкретными условиями мониторинга.

Практическая значимость работы

Разработанные решения апробированы в задачах наблюдения за параметрами водной среды, определения характеристик гидробионтов и других биологических объектов по визуальной информации, а также контроля подводной инфраструктуры. Их применение позволяет использовать общую архитектурную основу, разработанный метод и единые правила описания информации при создании инфокоммуникационных систем экологического мониторинга подводной среды для различных задач и условий наблюдения.

Основные результаты диссертационной работы

Решена актуальная научно-техническая задача разработки информационного обеспечения цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды.

1) Разработана обобщённая архитектура программно-аппаратного комплекса и методика формирования специализированной архитектуры для конкретных задач и условий мониторинга.
2) Разработан метод распознавания состояния подводной среды, обеспечивающий последовательную работу с разнородной и неполной информацией.
3) Разработана модель описания информационных процессов цифровой технологии, обеспечивающая единое представление информации и прослеживаемость её преобразования.
4) Проведены вычислительный эксперимент и прикладная апробация, подтвердившие работоспособность и практическую применимость разработанных решений.

Полученные результаты обеспечивают повышение эффективности проектирования и функционирования инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды.

Апробация работы (1/3)

1. Подвесовский А.Г., Филонов А.А., Захарова А.А., **Тевяшов Г.К.**, Романова М.А. Представление и обработка нечеткой информации о предпочтениях в задачах реконфигурации гетерогенной группы объектов киберфизической системы // Управление большими системами: сборник трудов. 2026. Вып. 120. С. 206-227.
2. В ПЕЧАТИ ЛИЧНЫЙ ВАК ПО 2.3.8.
3. В ПЕЧАТИ С РУКОВОДИТЕЛЕМ ВАК ПО 2.3.8.
4. Мещеряков Р.В., Русаков К.Д., **Тевяшов Г.К.**, Приходько Н.А. Deep Learning-Based Sturgeon Counting and Length Estimation Using Segmentation and Skeletonization / Proceedings of the 6th International Conference on Agriculture Digitalization and Organic Production (ADOP 2026). Калининград: Springer, 2027. Т. 1. С. 427-438.
5. Мещеряков Р.В., Русаков К.Д., **Тевяшов Г.К**. Determining Average Size and Average Speed of Fish Using Deep Learning Technologies / Proceeding of the 5th International Conference on Agriculture Digitalization and Organic Production (ADOP 2025). Barnaul: Springer, 2026. С. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-032-17407-9_1.
6. Мещеряков Р.В., Русаков К.Д., **Тевяшов Г.К.** Automatic Determination of Sturgeon Size Using Deep Learning Technologies / Agriculture Digitalization and Organic Production. Минск: Springer, 2024. С. 195-206.
7. Мещеряков Р.В., Русаков К.Д., **Тевяшов Г.К.,** Мышкин А.В. Detection and Characterization of Caviar Using a Neural Network Algorithm / Agriculture Digitalization and Organic Production. St Petersburg, RUSSIA: Springer, 2023. С. 383–395.
8. **Тевяшов Г.К.** Neural Network Analysis of Underwater Pipelines and Trajectory Construction for Navigation / Proceedings of 9th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT 2025). Gomel: IEEE, 2025. С. https://ieeexplore.ieee.org/document/11427747.
9. Русаков К.Д., **Тевяшов Г.К.**, Гергет О.М. Analysis of Fish Behavior Using Deep Learning Techniques / Proceedings of 8th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT 2024). Vladikavkaz, Russian Federation: IEEE, 2024. С. https://ieeexplore.ieee.org/document/10874912.

Апробация работы (2/3)

Вид издания	Количество публикаций
Статьи в научных журналах из перечня ВАК РФ (по специальности 2.3.8)	**3**
Статьи в базах цитирования Scopus/Web of Science	**5**
Статьи уровня РИНЦ	**5**
Свидетельства о регистрации авторского права	**2**
ИТОГО	**15**

Agriculture Digitalization and Organic Production (ADOP – Санкт-Петербург (2023)*;* Минск (2024); Барнаул (2025); Калининград (2026);

Международная конференция *«*Информационные технологии и технические средства управления*» / International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT* – Гомель (2025), Астрахань (2026)*;*

Международная научно-практическая конференция «Цифровизация агропромышленного комплекса» (Цифровизация АПК – Тамбов (2024);

Всероссийская школа-конференция молодых ученых «Управление большими системами» (УБС – Новочеркасск (2024), Тамбов (2025), Тула (2026);

Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Программная инженерия: современные тенденции развития и применения» (ПИ – Курск (2023).

Апробация работы (3/3)


РОССИЙСКА
СВИДЕТ
о государственной регист
№ 202
«Программа для наблюдет
детектирования малоразм
скоп
Правообладатель: Федеральное го
учреждение науки Институ
В.А. Трапезникова Российск
Авторы: Русаков Константин
Глеб Константинович (RU)

РОССИЙСК
СВИДЕ
о государственной ре
№
«Программа для ав
длины осетровых
построением
Правообладатель: Федерально
учреждение науки Инст
В.А. Трапезникова Росс
Автор(ы): Тевяшов Глеб Ко

Акт №1

Акт №2

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Информационное обеспечение цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

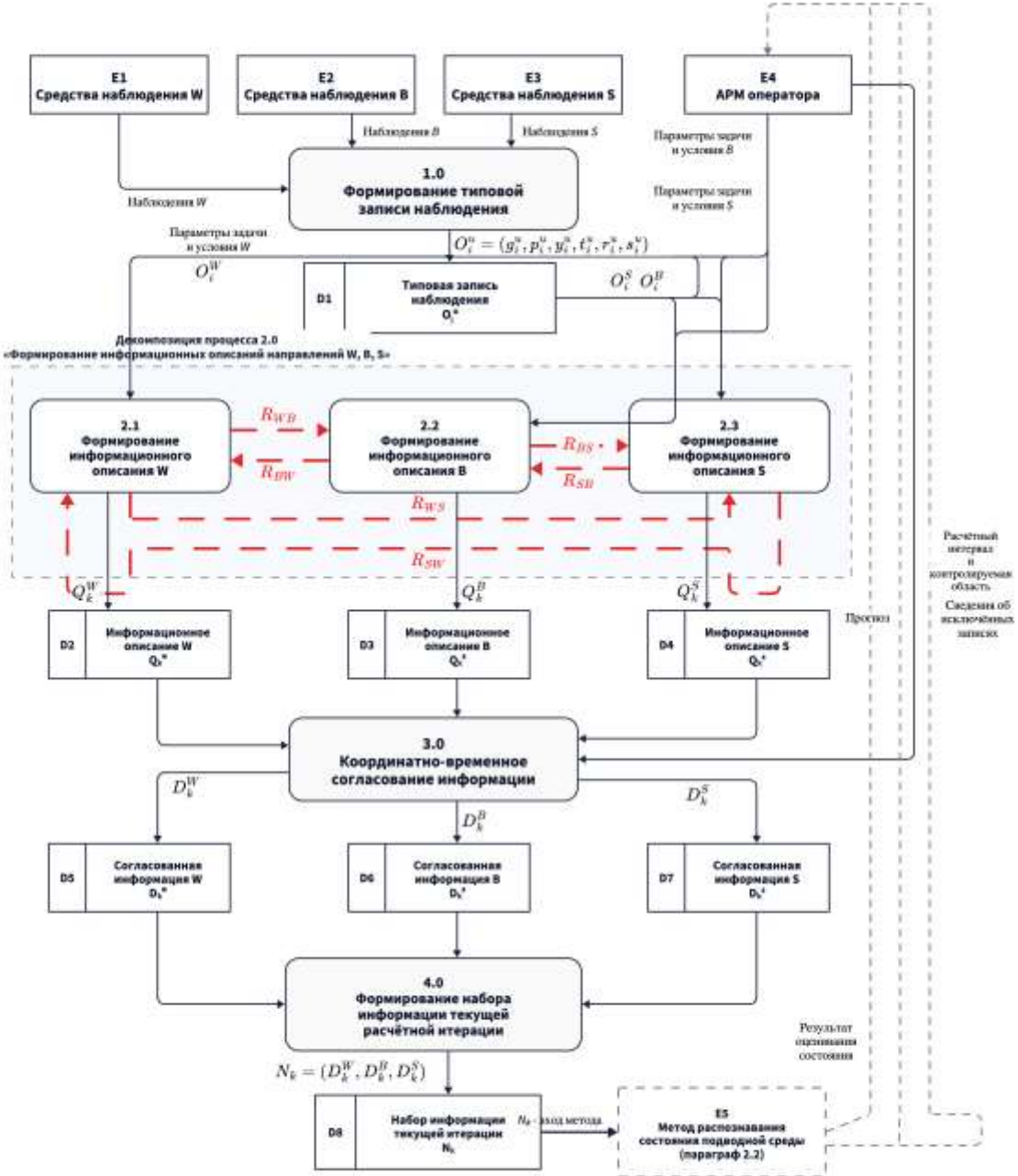
Специальность 2.3.8
«Информатика и информационные процессы»

Докладчик Тевяшов Глеб Константинович

Научный руководитель
д.т.н., профессор, г.н.с. ИПУ РАН Мещеряков Роман Валерьевич

Информационное обеспечение цифровой технологии инфокоммуникационной системы экологического мониторинга подводной среды	
Информационное обеспечение (по ГОСТ Р 59853-2021, статья 27) - упорядоченная по структуре и формам представления и предназначенная для использования в целевой системе информация, а также совокупность методов и средств ее формирования, хранения, актуализации и предоставления.	информационная модель технологии
Цифровая технология (по ГОСТ Р 72242-2025, статья 10) - совокупность методов и средств, направленных на автоматизацию процесса обработки цифровой информации.	программная и аппаратная составляющие (декомпозированные) инфокоммуникационной системы (на основе архитектуры) + метод
Инфокоммуникационная система - информационная система, объединяющая средства вычислительной техники и связи и обеспечивающая сбор, передачу, хранение и предоставление информации посредством взаимодействия её компонентов. 1. информационная система (по ГОСТ 33707-2016, пункт 4.452) - система, организующая обработку информации о предметной области и ее хранение; 2. коммуникационная система (по ГОСТ Р 56205-2014, пункт 3.2.25) - Конфигурация аппаратного обеспечения. программного обеспечения и среды прохождения сигналов, обеспечивающая передачу информационных сообщений от одного приложения к другому.	ПАК + методика по архитектуре

Интересы, учитываемые по ГОСТ Р 57100-2025	Решение в работе	Конкретизация в обобщённой архитектуре
Функциональность	общий для класса систем	Полнота состава наблюдений: архитектура предусматривает необходимые направления мониторинга
Модульность	общий	Модульность: компоненты могут включаться, исключаться и заменяться
Гибкость, модифицируемость, способность к развитию	объединены как близкие интересы	Конфигурируемость: изменение состава компонентов под задачу без изменения общей основы
Способность к развитию, изменение масштаба системы	конкретизированы для задач мониторинга	Масштабируемость: изменение числа узлов, каналов и ресурсов при изменении масштаба наблюдений
Интеграция подсистем, доступность данных, межпроцессные связи	объединены	Согласованное информационное взаимодействие
Открытость и взаимодействие компонентов + требования ГОСТ Р 72498-2025	конкретизированы	Совместимость интерфейсов, протоколов и форм представления информации
Надёжность	общий	Надёжность: сохранение доступных функций и данных при отказах


E1
Средства наблюдения W
E2
Средства наблюдения B
E3
Средства наблюдения S
E4
АРМ оператора
Наблюдения B
Наблюдения S
Параметры задачи и условия B
Параметры задачи и условия S
Наблюдения W
1.0
Формирование типовой записи наблюдения
Параметры задачи и условия W
O_i^W
$O_i^n = (y_i^n, p_i^U, y_i^n, t_i^k, r_i^n, s_i^U)$
D1
Типовая запись наблюдения
O_i^*
O_i^S O_i^B
Декомпозиция процесса 2.0
«Формирование информационных описаний направлений W, B, S»
2.1
Формирование информационного описания W
2.2
Формирование информационного описания B
2.3
Формирование информационного описания S
R_{WB}
R_{BW}
R_{BS}
R_{SB}
R_{WS}
R_{SW}
Q_k^W
Q_k^B
Q_k^S
D2
Информационное описание W
Q_k^*
D3
Информационное описание B
Q_k^*
D4
Информационное описание S
Q_k^*
Простой
3.0
Координатно-временное согласование информации
D_k^W
D_k^B
D_k^S
D5
Согласованная информация W
D_k^*
D6
Согласованная информация B
D_k^*
D7
Согласованная информация S
D_k^*
4.0
Формирование набора информации текущей расчётной итерации
$N_k = (D_k^W, D_k^B, D_k^S)$
D8
Набор информации текущей итерации
N_k
N_k - вход метода
E5
Метод распознавания состояния подводной среды (параграф 2.2)
Результат оценивания состояния
Расчётный интервал и контролируемая область
Сведения об исключённых записях