



ETU "LETI"
SAINT PETERSBURG ELECTROTECHNICAL UNIVERSITY

«ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»

Архитектура IoT

Персональная медицина

Третья эра - СОХРАНЕНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ ЗДОРОВЬЯ¹

¹ По данным лаборатории спецмедтехники и технологий, МФТИ [1]

- Персональная (персонализированная) медицина (ПМ) – новая модель организации медпомощи, основанная на выборе диагностических, лечебных и профилактических средств, которые являются оптимальными для конкретного пациента, с учётом его генетических, физиологических, биохимических, поведенческих и других особенностей.
- ПМ предполагает тесное объединение информационных технологий, науки и клинической терапии для достижения наилучших клинических или профилактических результатов.
- По этому для организации ПМ необходимо тесное взаимодействие врача и пациента не только в клинике, но и в обычной жизни.

Задачи IoMT

Internet of Medical Things (IoMT) ориентирован на получение и обработку биометрических и поведенческих данных – локальная телебиометрическая система, задачами которой являются:

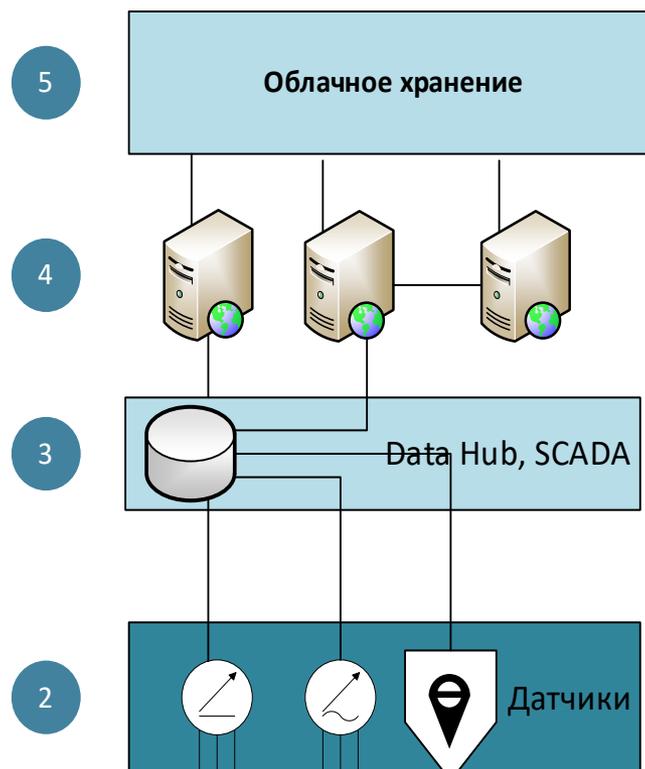
- Повысить уровень, разрешение и совместимость биоквантификации
- Применить стандартизированные международные системы измерения биосигналов
- Развернуть стандартизованный метод шифрования от каждого узла сбора биометрических данных до облака
- Обеспечить конфиденциальность и доступность биометрических данных по требованию из любой точки

Концепция оказания медпомощи в mHealth [1]

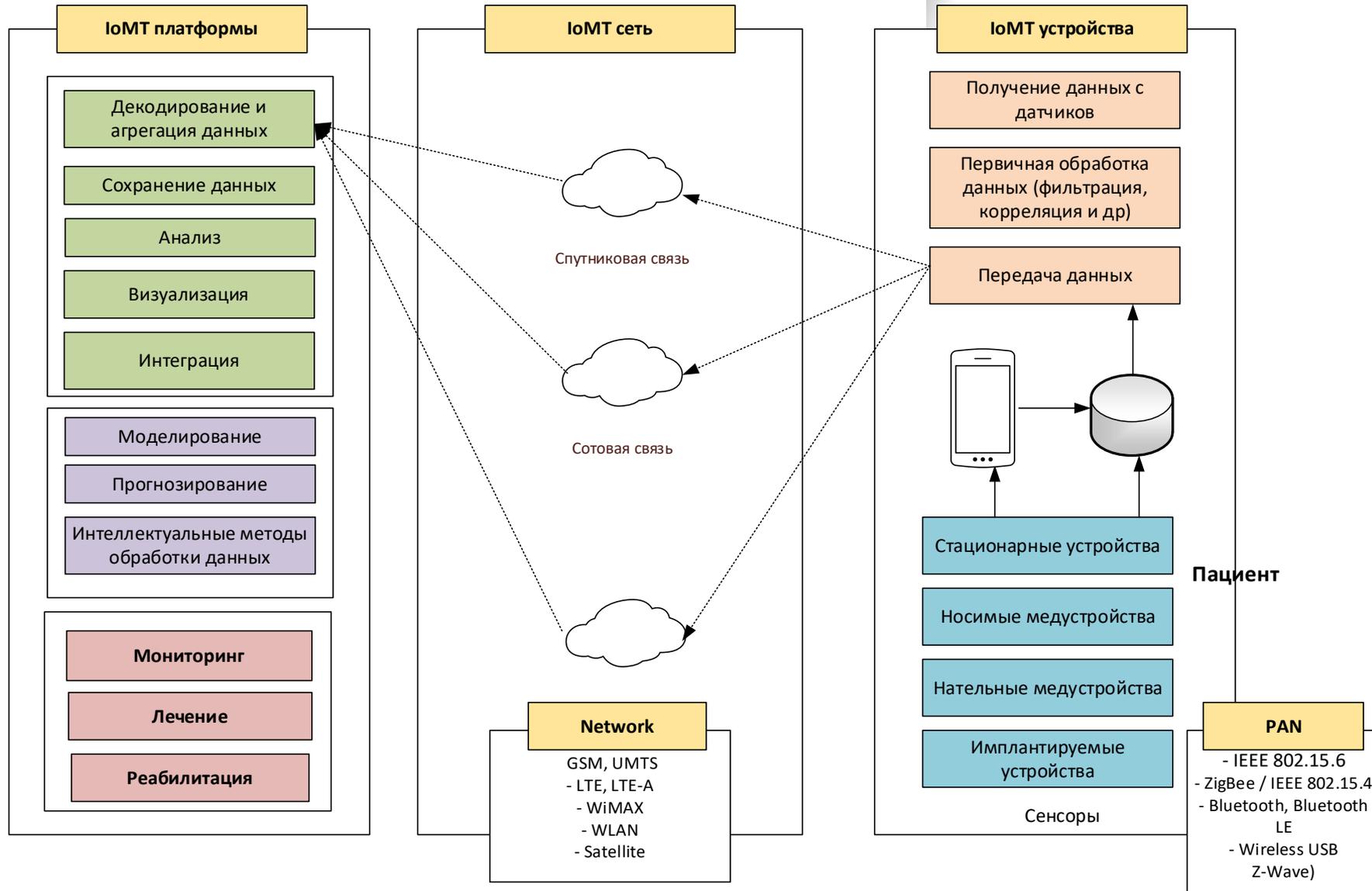


Логические уровни IoT-системы

1. *Биологическая мишень* находится в непосредственном контакте с датчиком и подвергается измерению
2. *Датчик*, предназначен для получения (съема) биометрических данных, включая поиск и определение паттернов в снимаемых аналоговых и цифровых сигналах, интегрированный в сетевую инфраструктуру облака
3. *Протокол* предназначен для предварительной обработки и передачи биометрических данных в облачное приложение.
4. *Облачное приложение*, является получателем биометрических данных и выполняет основные прикладные задачи по их распознаванию, визуализации, анализу, сопоставлению, выработке рекомендаций и т.д.
5. *Облачное хранилище* биометрических данных, предназначено для накопления и долгосрочного хранения данных, обеспечивает должный уровень безопасности, доступности и поддержки различных протоколов доступа



Сервисно-ориентированная архитектура



Обзор существующих платформ и сервисов для IoT

PAN

Hardware platform:

- Renesas
- Texas Instrumets
- Microchip
- STM
- Arduino (Amtel)
- Raspberry, etc

Transport wireless protocols:

- IEEE 802.15.6
- ZigBee / IEEE 802.15.4
- Bluetooth, Bluetooth LE

Network

Encoding:

- CSV, JSON, XML
- BSON, Message Pack
- Protocols Buffers

M2M communications:

- MQTT
- MQTT-SN
- AMQP
- CoAP
- HTTP

Platforms

IoT Middleware:

- OpenRemote
- OpenHAB
- iotsys, etc

IoMT Platforms:

- MS HealthVault
- Google Health
- Qualcomm Life 2net, etc

Modelling and ML Tools

ML Frameworks:

- scikit-learn
- shogun
- MLLib, etc

Platforms:

- R + RStudio
- Matlab
- Spark, etc

Analitics and Visualuzation

Charting libraries:

- D3.js
- Chart.js
- Highchart.js, etc

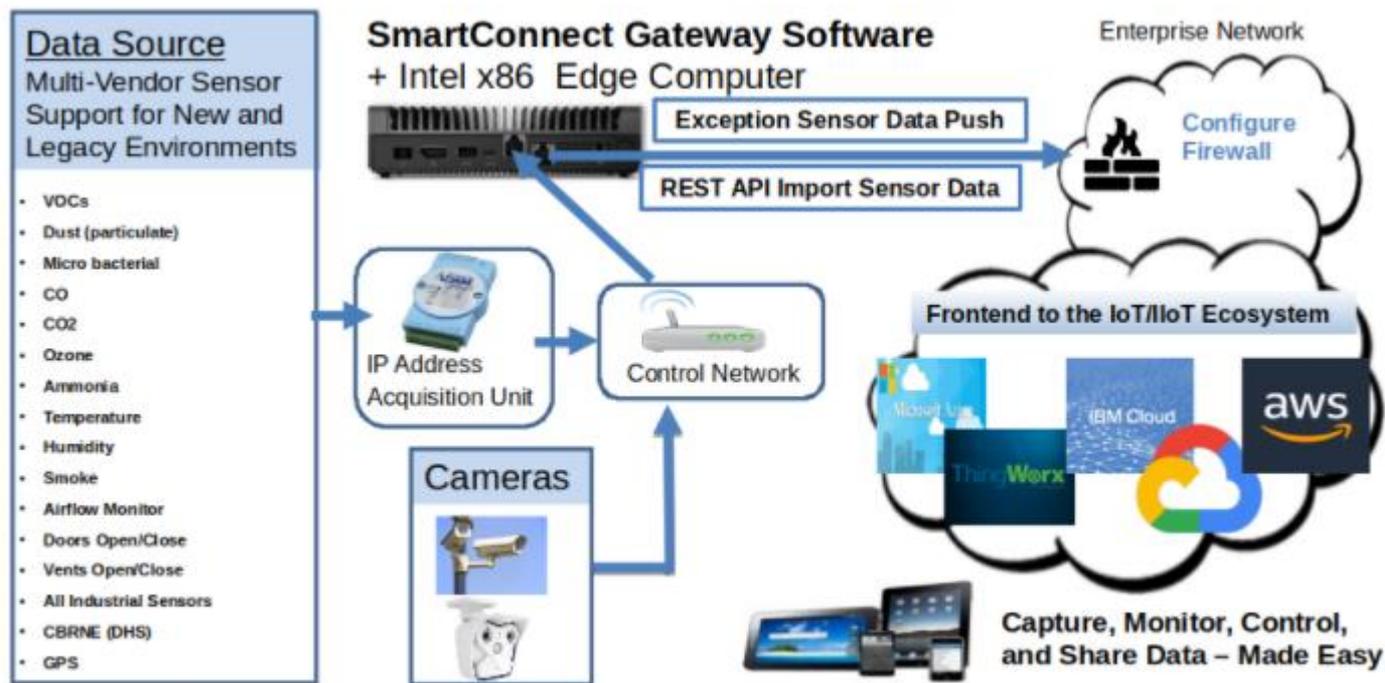
Analitics Platforms:

- Tableau
- QlikView
- Omnisciope, etc

Классификация и основные модели облачных вычислений



Компоненты платформы Intel



Компоненты платформы DevNet Cisco

ЛАБОРАТОРИЯ ПЕСОЧНИЦЫ ▾
РЕЗЕРВ

окно: [ИНСТРУКЦИИ](#) ▶ [КОМАНДЫ](#) ↶ | СТИЛЬ: ☰ ☱ ☲ | ПОВЕДЕНИЕ: [↶](#)

ИНСТРУКЦИИ

Обзор удаленного подключения и мониторинга | VPN-доступ | ИК-доступ

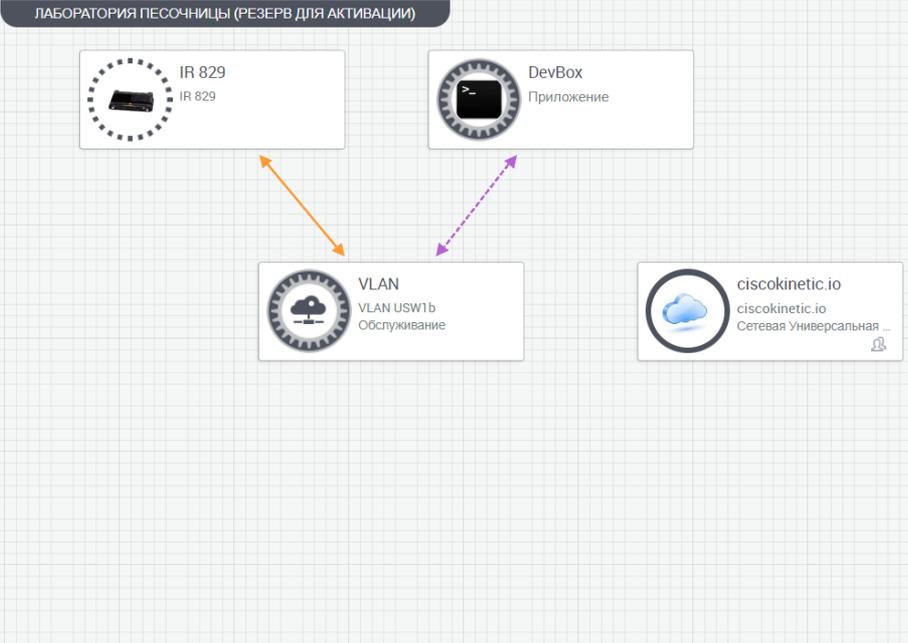
Обзор:
 Лаборатория удаленного подключения и мониторинга с резервированием на базе IR829 предоставляет разработчику среду для управления маршрутизаторами Cisco 829 Industrial Integrated Services с помощью платформы Cisco Kinetic IoT

Лабораторная информация:
 Лабораторная среда удаленного подключения и мониторинга с IR829 состоит из ISR Cisco IR829 и одной виртуальной машины CentOS. Разработчик может зарезервировать эту лабораторию и управлять IR 829 из ciscokinetic.io портал.

Сведения о доступе:
 После того, как начнется бронирование лаборатории удаленного подключения и мониторинга, вы получите информацию о VPN и учетные данные программного обеспечения по электронной почте. После установки VPN-соединения вы можете получить доступ к устройствам в вашей лаборатории следующим образом:

- Devbox
 - IP-адрес: **10.10.20.50**
 - Протокол доступа: **SSH/RDP**
 - учетные данные [разработчик/C1sco12345]
- IR 829

ЛАБОРАТОРИЯ ПЕСОЧНИЦЫ (РЕЗЕРВ ДЛЯ АКТИВАЦИИ)



```

      graph TD
        IR829[IR 829] -- orange arrow --> VLAN[VLAN USW1b Обслуживание]
        DevBox[DevBox Приложение] -.->|purple arrow| VLAN
        DevBox -.->|purple arrow| ciscokinetic[ciscokinetic.io]
        ciscokinetic --- ciscokinetic2[ciscokinetic.io Сетевая Универсальная ...]
      
```

Компоненты платформы Thingworx



Smart Connect Product Applications

Composer

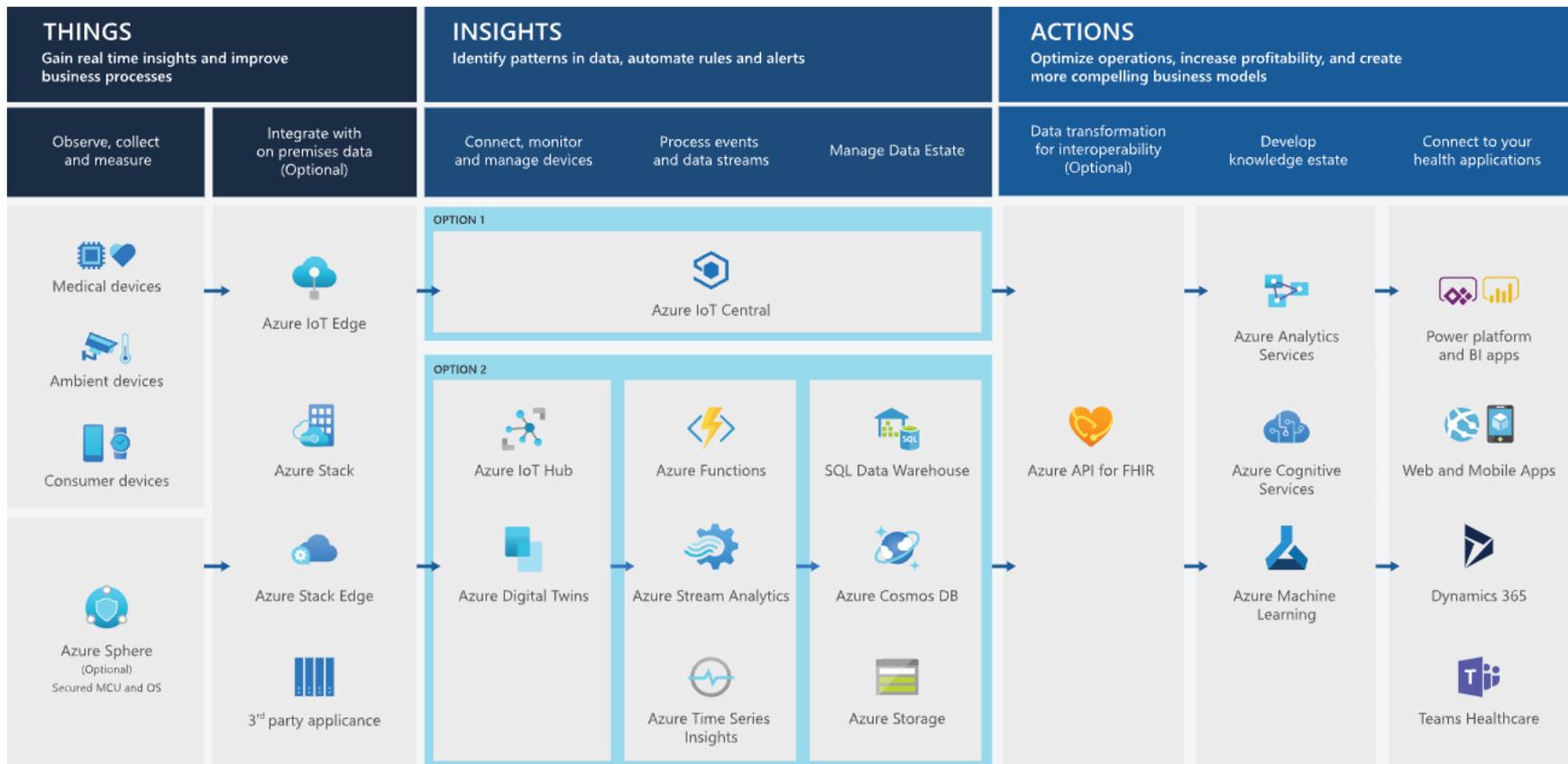


Marketplace

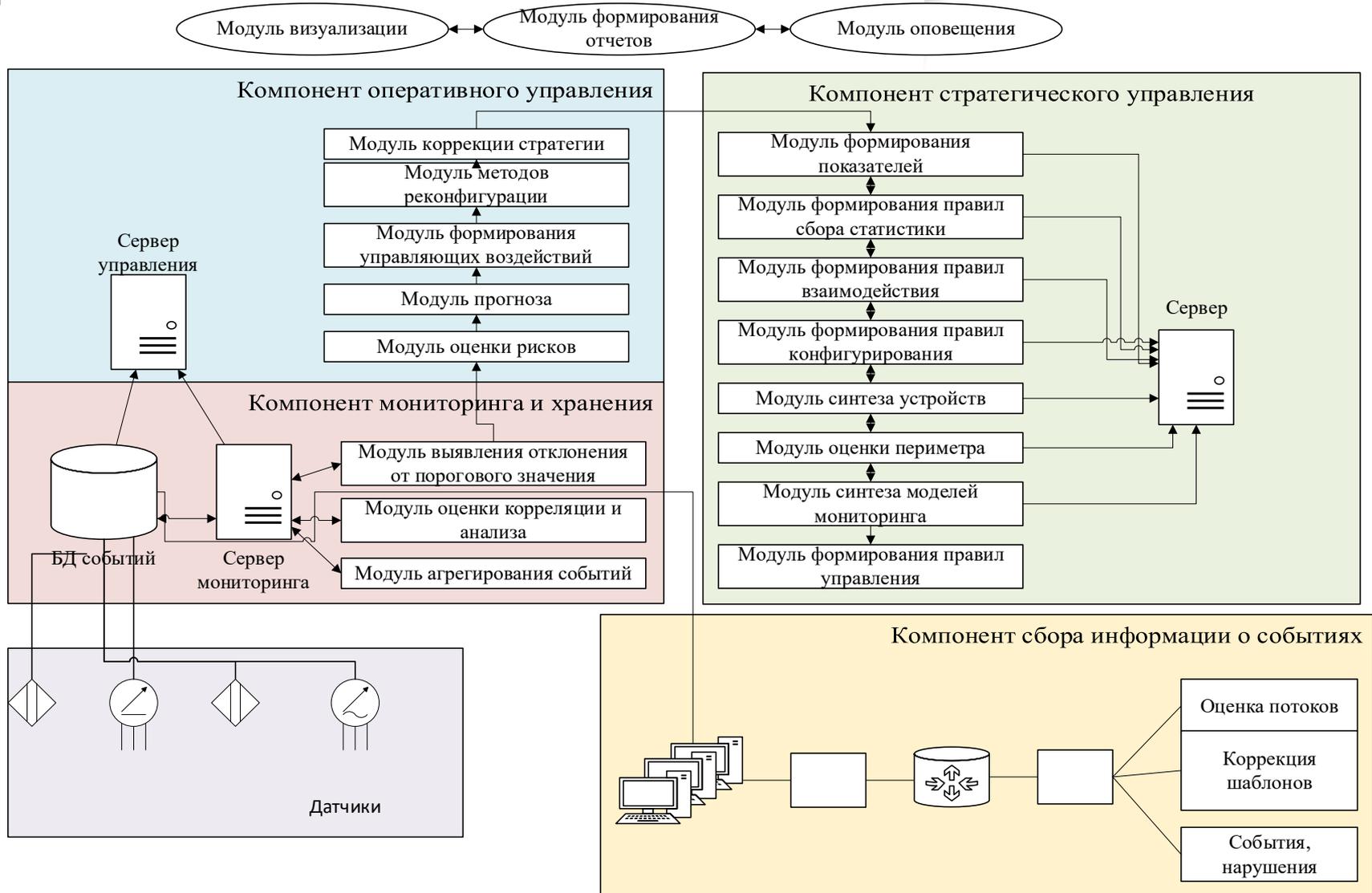
ThingWorX Platform



Компоненты платформы Azure

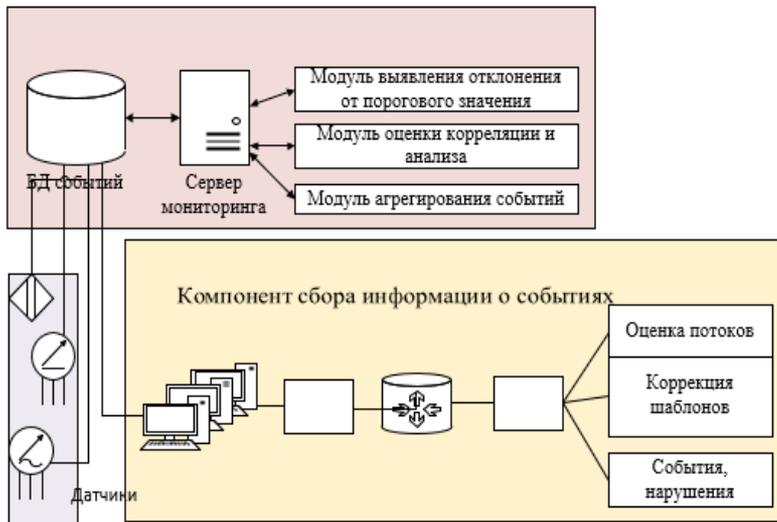


Средства и инструменты обработки данных



Средства и инструменты обработки данных

- **Компонент съема информации с датчиков**
- *предварительная обработка* – отбрасывание незначительных событий, извлечение свойств, сегментация, перевод данных в более подходящий формат;
- *анализ данных* – проверка данных; если они не соответствуют каким-то пограничным значениям, отправляется предупреждение.
- **Компонент мониторинга и хранения** (сбора информации о событиях) позволяет агрегировать потоки информации и выявить отклонения от пороговых значений используя методы:

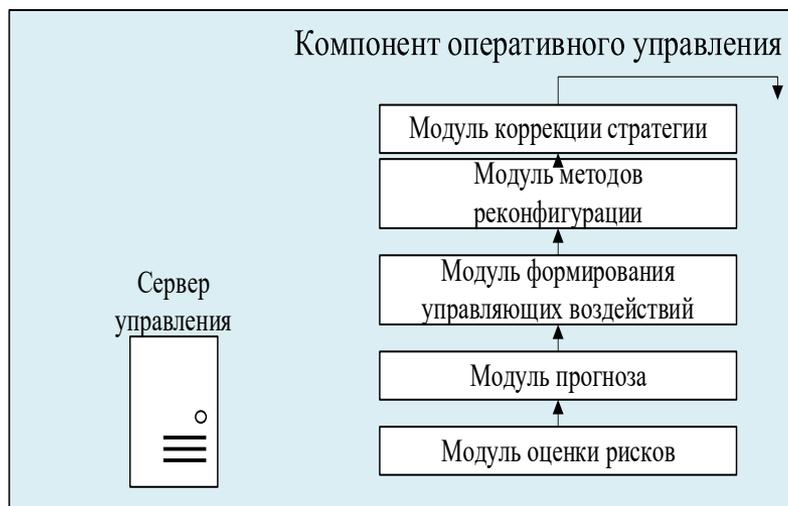


- *окна событий* – создается подвижный диапазон набора данных, который может быть ограничен по времени, длине. Эта функция хорошо подходит для создания правил и событий, занимающихся подсчетом
- *агрегация данных* – объединение несколько потоков данных в один для их дальнейшей обработки;
- *обработка результатов измерений* – оценка полноты и наличие ошибок при потере данных, их искажении или неправильным порядком следования, оценка корреляции, выявление отклонений от пороговых значений;
- *коррекция шаблонов* – позволят скорректировать набор показателей, необходимым для отслеживания тех или иных состояний наблюдаемого объекта.

Средства и инструменты обработки данных

Компоненты оперативного управления позволяют формировать наборы управляющие воздействия пересылаемых актуатору и содержать методы:

- *оценки рисков*- необязательный компонент, позволяющий получить определение величины ущерба от возникшей рискованной ситуации и несвоевременного принятия мер по предотвращению риска.
- *прогноза* - необязательный компонент, позволяющий спрогнозировать набор показателей в заданном окне событий;
- *управления* - позволяют сформировать комплекс управляющих воздействий и/или мероприятий для возврата функционирования объекта на заданную траекторию развития;

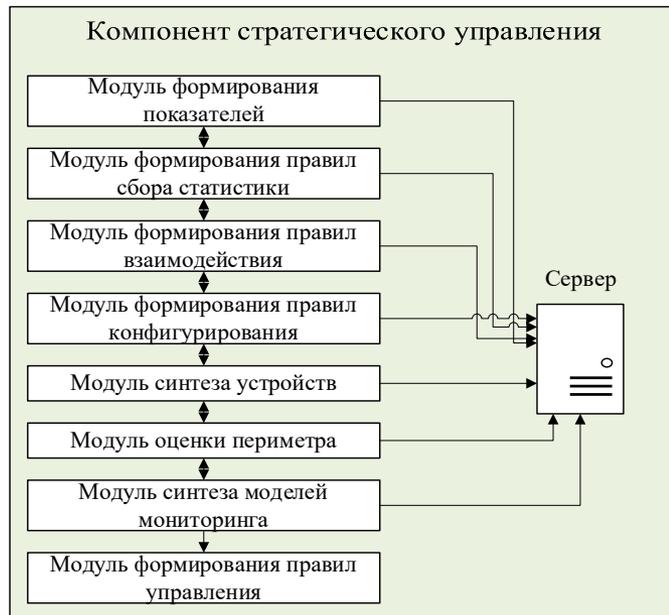


- *реконфигурации*- изменение состава и способа взаимодействия программных и аппаратных средств объекта с целью исключения отказавших программных или аппаратных компонентов или протекающих процессов;
- *коррекции стратегии* -исправление операционного процесса достижения целевой функции.

Средства и инструменты обработки данных

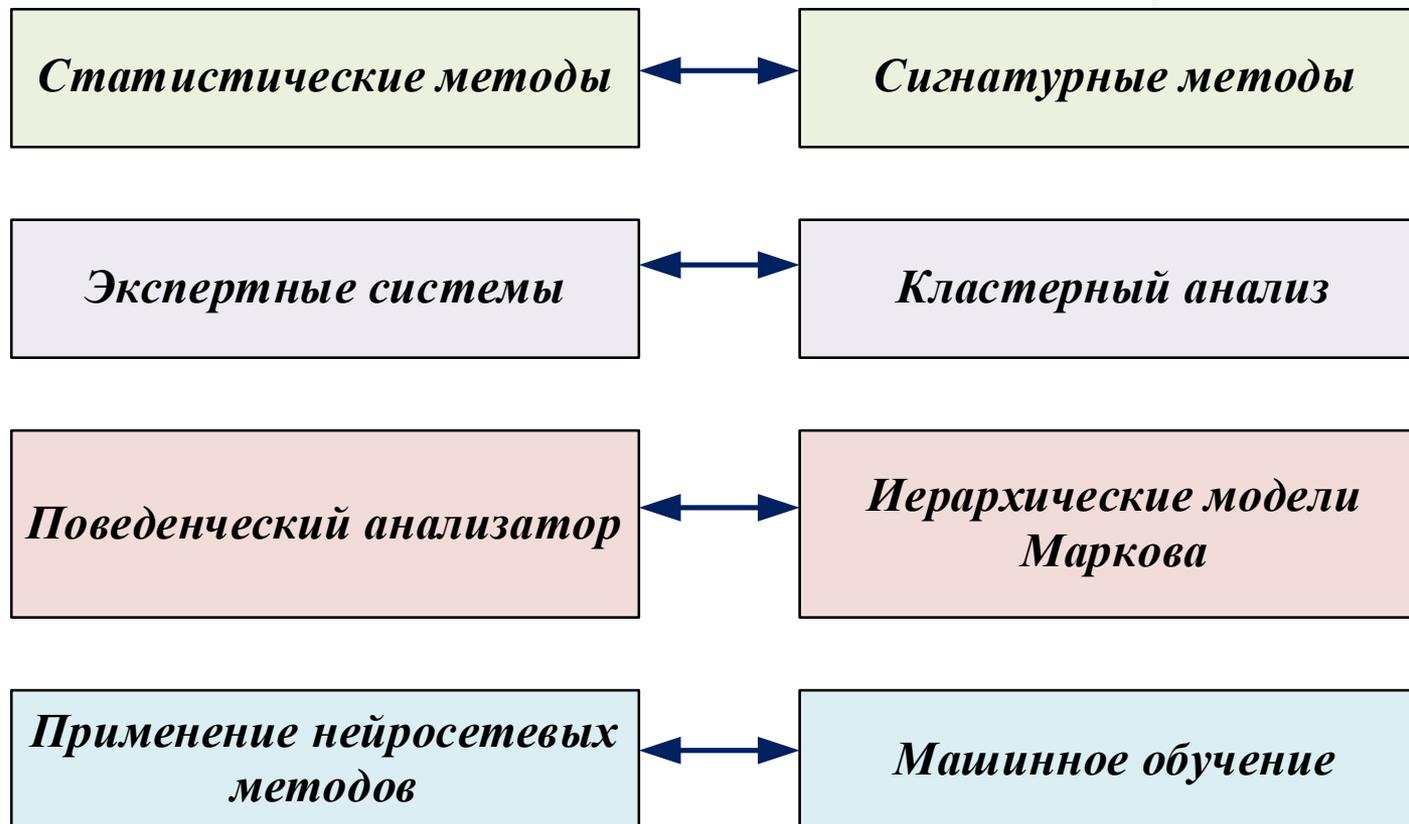
Компоненты стратегического управления позволяют создавать наборы управляющих воздействий для достижения целевой функции и содержат методы формирования:

- *показателей*- наборов данных, характеризующих количественные, качественные или интегральные свойства объекта;



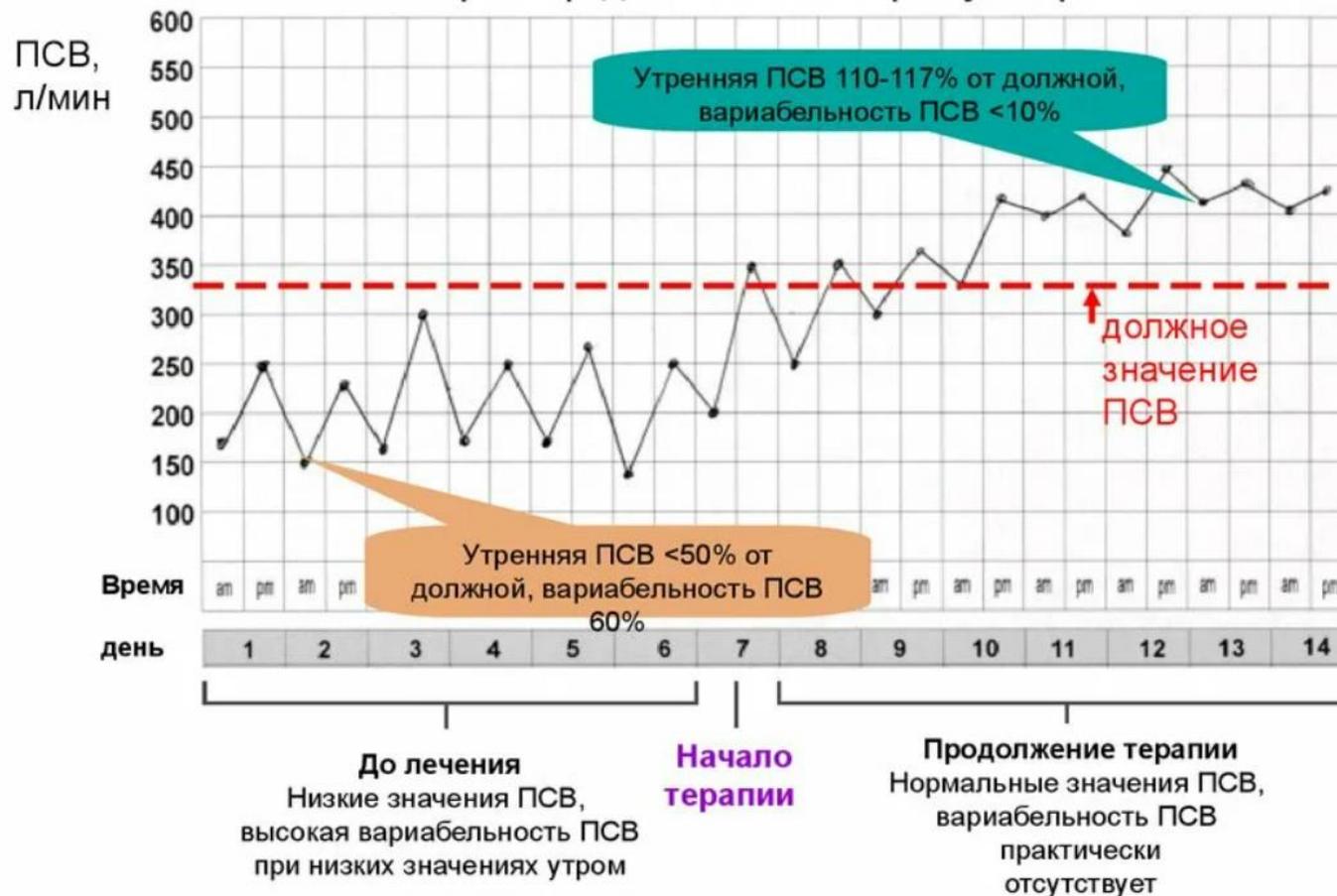
- *правил взаимодействия* - правил, по которым осуществляется совместный доступ к ресурсу;
- *правил конфигурирования* и синтеза устройств- правил соединения элементарных единиц, операционных процессов;
- *оценки периметра и моделей мониторинга*- нахождения границ, в пределах которых осуществляется мониторинг за объектами управления.
- *правил управления*- набора связей ответных реакций на входные воздействия, отраженное показателями, считанными с датчика.

Методы обработки данных



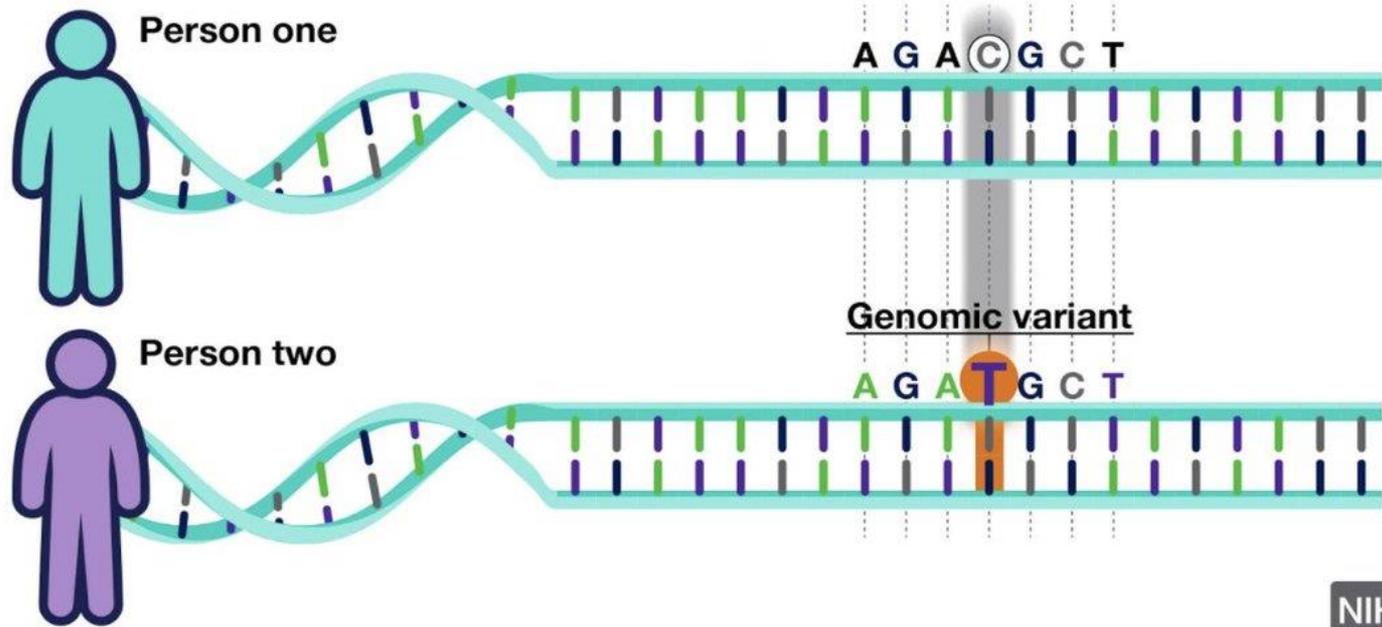
Пример статистической обработки данных¹

Пример дневника пикфлоуметрии



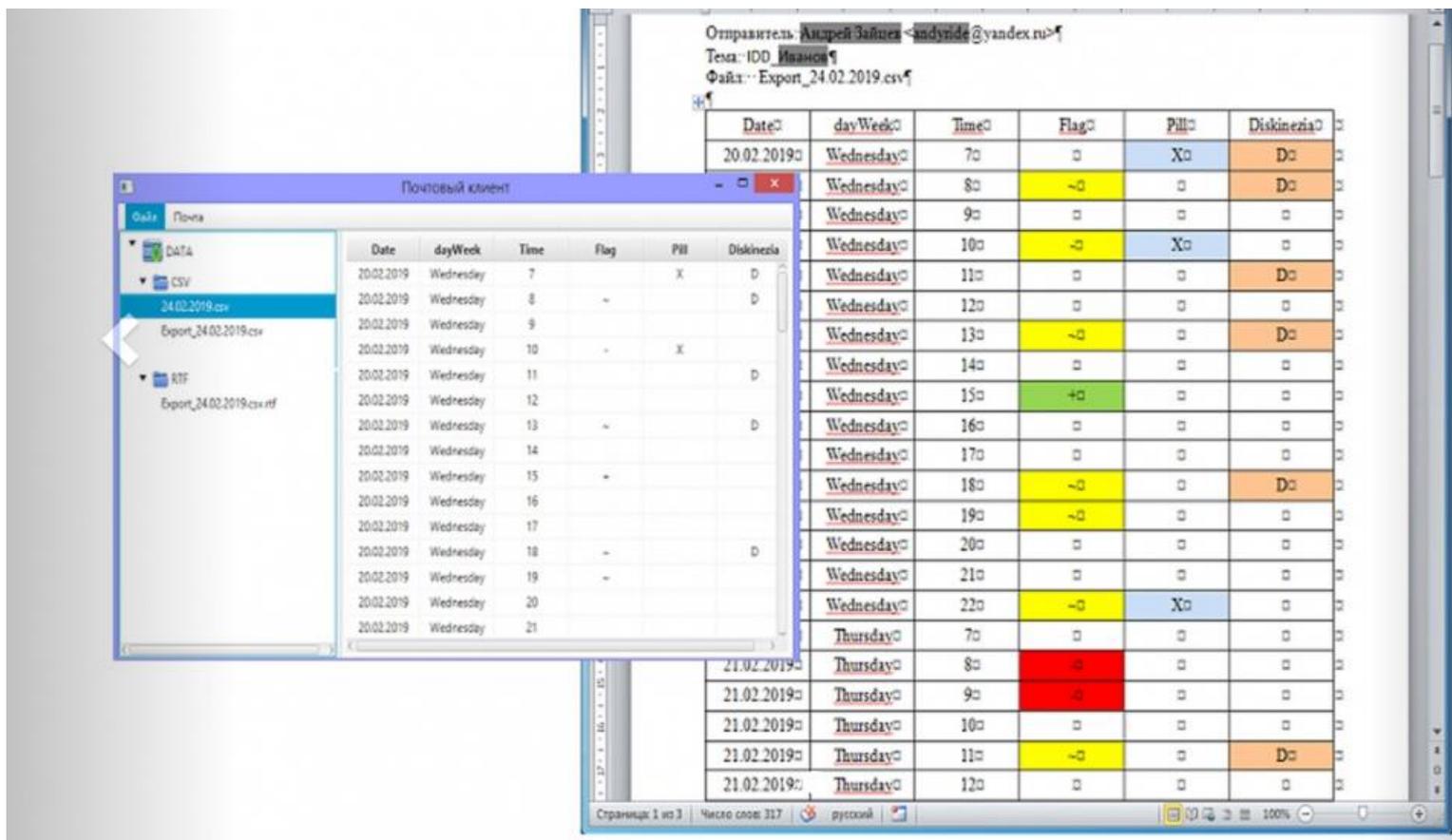
¹<https://bronhialnaya-astma.com/diagnostika/tseli-i-pravila-provedeniya-pikfloumetrii-pri-bronhialnoj-astme-normy-psv>

Сигнатурная обработка данных



Метод обнаружения аномалий, основанный на анализе поведения

Комплексная информационная система по мониторингу состояния пациента с болезнью Паркинсона



Отправитель: Андрей Зайцев <andyzide@yandex.ru>
 Тема: IDD Иванов
 Файл: Export_24.02.2019.csv

Date	dayWeek	Time	Flag	Pill	Diskinezia
20.02.2019	Wednesday	7:00		X	D
Wednesday		8:00	-		D
Wednesday		9:00			
Wednesday		10:00	-	X	
Wednesday		11:00			D
Wednesday		12:00			
Wednesday		13:00	-		D
Wednesday		14:00			
Wednesday		15:00	+		
Wednesday		16:00			
Wednesday		17:00			
Wednesday		18:00	-		D
Wednesday		19:00	-		
Wednesday		20:00			
Wednesday		21:00			
Wednesday		22:00	-	X	
Thursday		7:00			
21.02.2019	Thursday	8:00			
21.02.2019	Thursday	9:00			
21.02.2019	Thursday	10:00			
21.02.2019	Thursday	11:00	-		D
21.02.2019	Thursday	12:00			

Почтовый клиент

DATA

- CSV
 - 24.02.2019.csv
 - Export_24.02.2019.csv
- RTF
 - Export_24.02.2019.csv.rtf

Страница 1 из 3 Число слов: 317 русский 100%

Многоагентное моделирование

Кондратьев, М. А. Имитационное моделирование в медицине: многоагентная модель распространения гриппа / М. А. Кондратьев // Компьютерные инструменты в образовании. – 2011. – № 4. – С. 32-36..

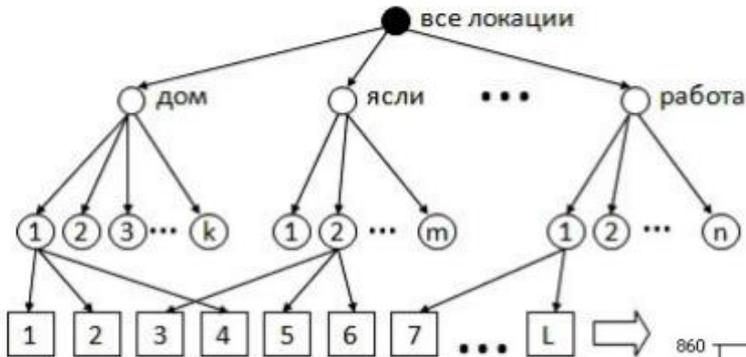


Рис. 1. Структура окружающей среды моде.



Рис. 3. Структура агентной модели распространения гриппа

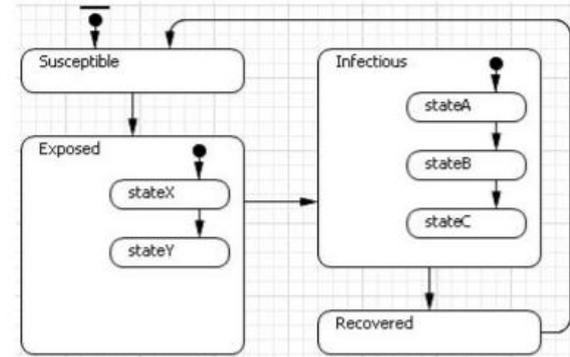


Рис. 2. Протекание заболевания у агента

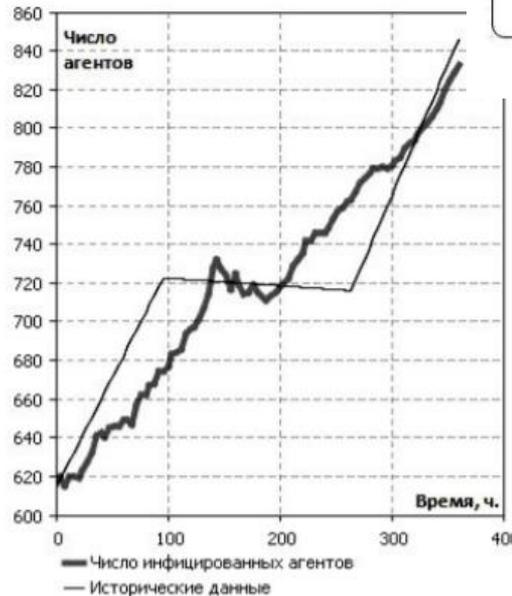


Рис. 4. Пример прогноза, полученного с помощью агентной модели распространения гриппа

Марковские цепи

Жукова, О. В. Модель формирования бронхиальной астмы у детей, страдающих острым и рецидивирующим обструктивным бронхитом / О. В. Жукова, С. В. Кононова, Т. М. Конышкина // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2016. – Т. 145. – № 6. – С. 22-27.

Таблица 7

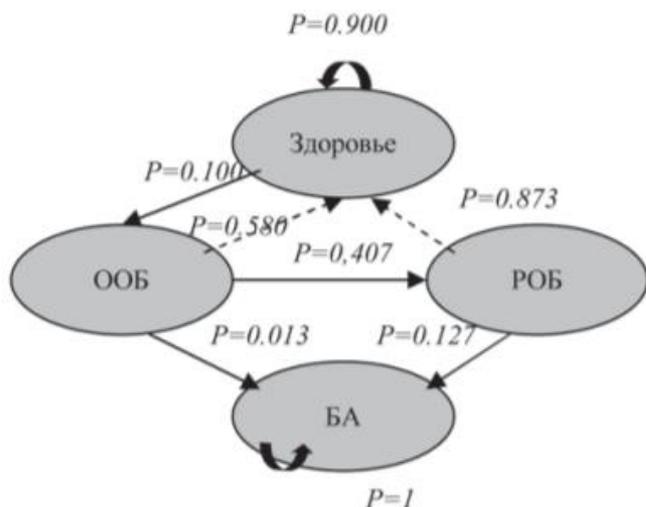


Рис. 1. Марковская модель развития БА.

бронхообструктивным синдромом (БОС)
 рецидивирующий обструктивный
 бронхит (РОБ)

Результаты двухфакторного анализа чувствительности

Вероятность развития ООБ (РОБ), %	Количество случаев БА на 10000 человек при горизонте планирования 18 лет	Вероятность развития ООБ (РОБ), %	Количество случаев БА на 10 000 человек при горизонте планирования 18 лет
50 (95)	4 530	15(20)	781
40 (95)	4 118	10(20)	552
30 (95)	3 569	5(20)	293
20 (95)	2 809	2.5(20)	151
15 (95)	2 312	50(10)	1 322
10 (95)	1 706	40(10)	1 144
5 (95)	952	30(10)	935
2,5 (95)	505	20(10)	684
50 (80)	4 136	15(10)	539
40 (80)	3 734	10(10)	378
30 (80)	3 208	5(10)	200
20 (80)	2 497	2.5(10)	102
15 (80)	2 042	50(5)	1 033
10 (80)	1 494	40(5)	890
5 (80)	826	30(5)	724
2,5 (80)	436	20(5)	527
50 (40,7)	2 799	15(5)	414
40 (40,7)	2 474	10(5)	290
30 (40,7)	2 071	5(5)	152
20 (40,7)	1 561	2.5(5)	78
15 (40,7)	1 251	50(2.5)	882
10 (40,7)	895	40(2.5)	759
5 (40,7)	483	30(2.5)	616
2,5 (40,7)	251	20(2.5)	447
50 (20)	1 856	15(2.5)	351
40 (20)	1 619	10(2.5)	245
30 (20)	1 333	5(2.5)	128
20 (20)	985	2.5(2.5)	66

Методы машинного обучения

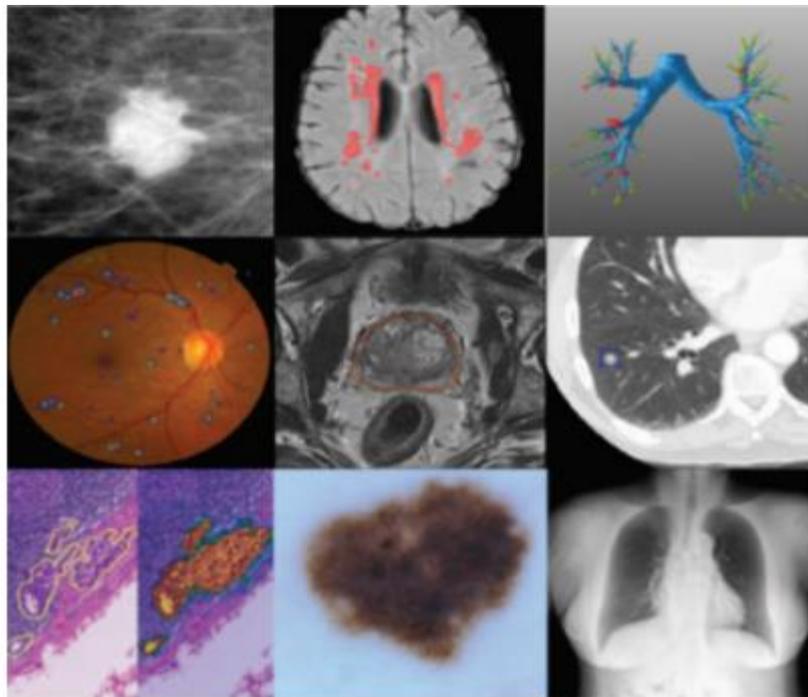


Рис 2. Примеры использования сетей глубокого обучения для сегментации и обнаружения патологии в различных методах диагностики
Fig. 2. Examples of using deep learning networks for segmentation and pathology detection in various diagnostic methods

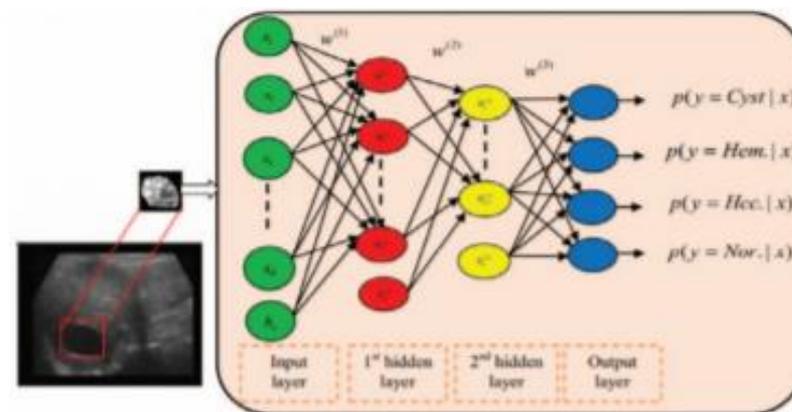


рис.1. Схематическое изображение процесса глубокого обучения для задачи классификации.
fig. 1. A schematic diagram of a deep learning process for a classification problem.

Глубокое машинное обучение (искусственный интеллект) в ультразвуковой диагностике / Г. С. Лебедев, А. П. Маслюков, И. А. Шадеркин, А. И. Шадеркина // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 22-29. – DOI 10.29188/2542-2413-2020-6-2-22-29.

Экспертные системы

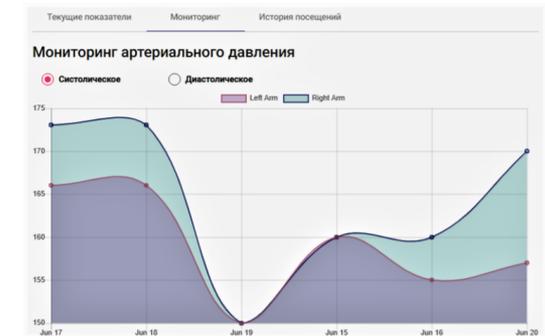
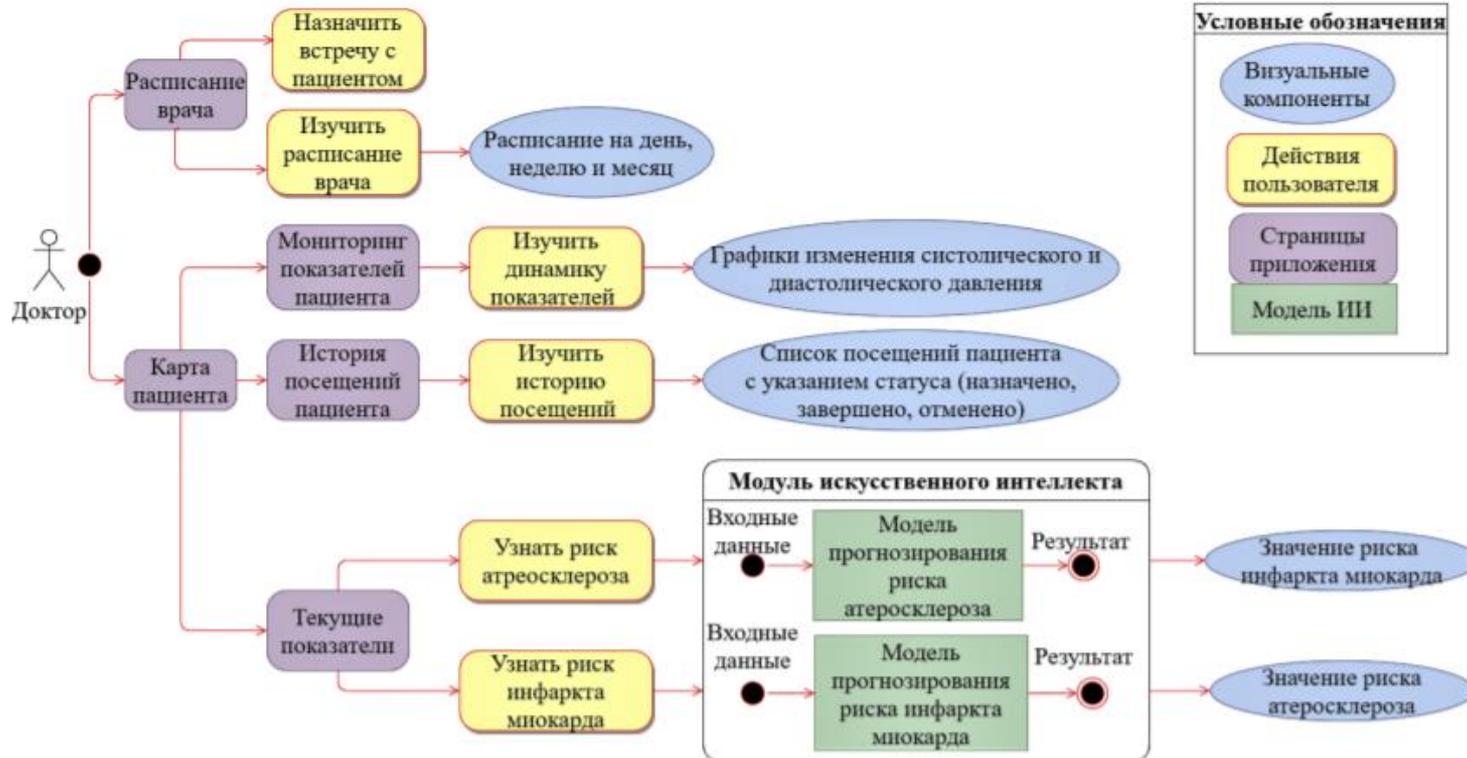


Рис. 4 – Мониторинг систолического артериального давления

Демченко, М. В. Разработка медицинской информационной системы с элементами поддержки принятия решений в кардиологии / М. В. Демченко, М. А. Фирюлина, И. Л. Каширина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 8-1(110). – С. 69-76. – DOI 10.23670/IRJ.2021.110.8.010.

Понятие цифрового двойника

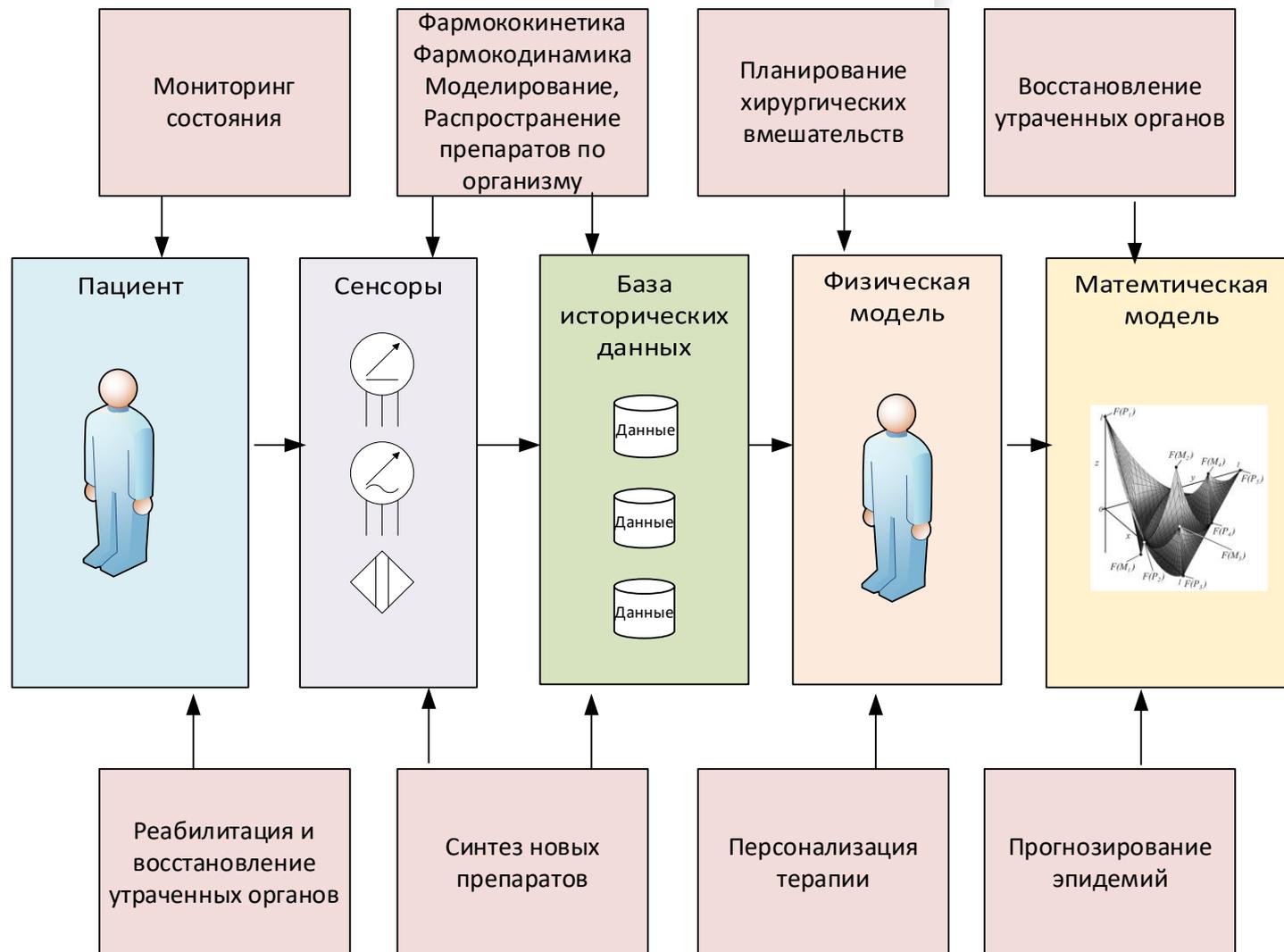
- **Цифровой двойник** (Digital Twin) — цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность процесса принятия решений или функционирования объекта.
- **Предпосылки**
 1. Возможность создания цифрового профиля или цифровой модели
 2. Развитие теории оптимизации процессов
 3. Развитие теории устойчивости нелинейных систем
 4. Удешевление базы микроэлектроники и программного обеспечение (возможность повторного использование кода)
- **Область применения:**
 - Моделирование физических и технических систем
 - Прогнозирование поведения с анализом причинно-следственной связи
 - Оценка рисков
 - Статистика
 - Планирование и диспетчеризация
 - Автоматизация управления

Область применения цифрового двойника

Построения комплексных медицинских или телебиометрических решений в следующих областях:

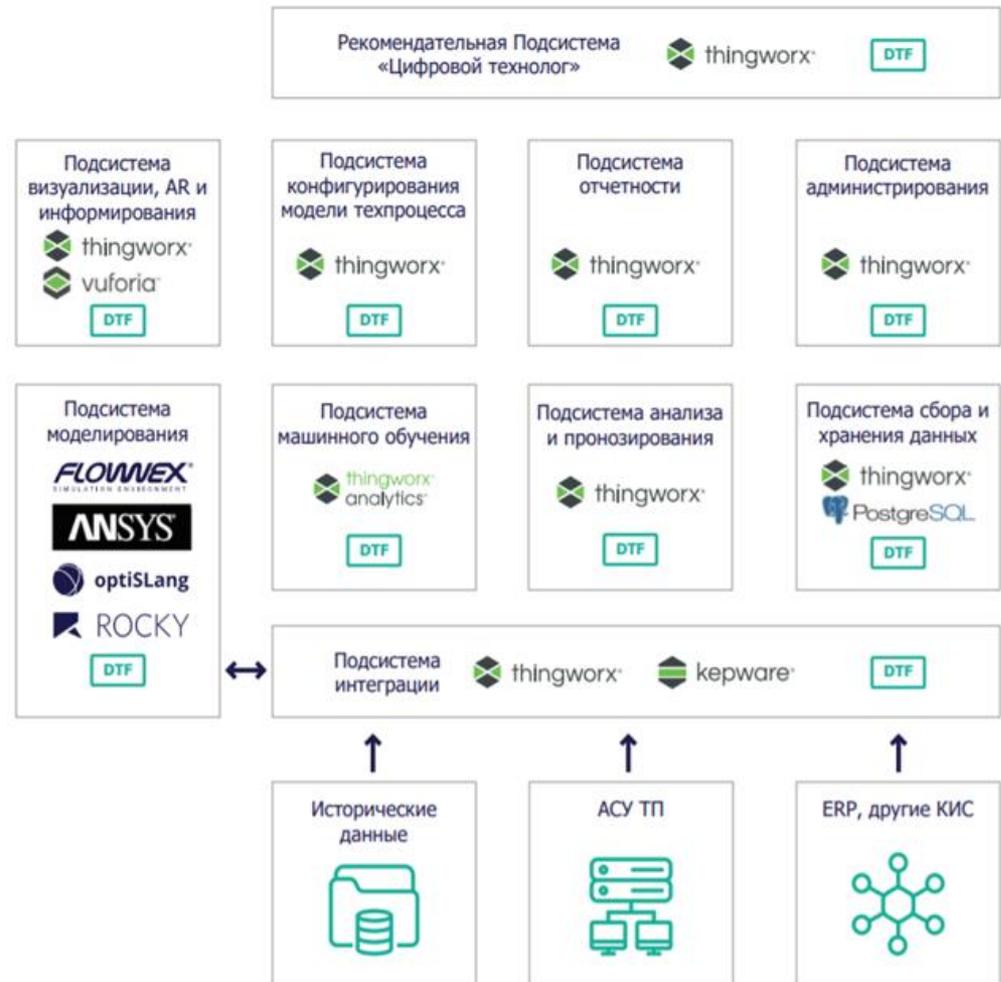
- Медицина (лечение хронических больных, мониторинг пациентов, прогнозирование...)
- Реабилитация (уход за новорожденными, лежачими больными...)
- Спорт и фитнес (трекинг показателей, хронометраж тренировок...)
- Здоровый образ жизни (хронометраж сна, контроль храпа...)
- Интенсивные производственные процессы (мониторинг работоспособности операторов, диспетчеров, бойцов...)

Географическая информационная система человека



Этапы построения цифрового двойника

1. Поиск множества сбалансированных показателей проектируемой модели
2. Построение модели
3. Верификация модели и коррекция показателей
4. Моделирование. Поиск решений
5. Мониторинг объекта
6. Прогнозирование поведение объекта
7. Реконфигурации объекта и/или модели



Методы синтеза и реконфигурации



- Ранжирование элементов и процессов



- Мониторинг системы



- Формирование множество правил предпочтения



- Генерация множества вариантов реконфигурации



- Коррекция стратегических целей



- Выбор варианта реконфигурации

Литература

1. Internet of Medical Things – технологическая среда персональной медицины Александр Прозоров, #mHealthLab Лаборатория спецмедтехники и технологий, МФТИ
Высокопроизводительные комплексы для решения задач сохранения и поддержания здоровья в программах персональной медицины. МСКФ 2015, 29.10.2015 г
https://www.osp.ru/netcat_files/userfiles/MSKF_2015/Prozorov.pdf
2. Ли П. Архитектура интернета вещей / пер. с англ. М. А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 454 с.: ил.
3. Методический документ "Методика оценки угроз безопасности информации" (утв. Федеральной службой по техническому и экспортному контролю 5 февраля 2021 г.)
4. Росляков, А.В. P75 Интернет вещей: учебное пособие [текст] / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков. – Самара: ПГУТИ, 2015. – 200 с.
5. Цели и правила проведения пикфлоуметрии при бронхиальной астме, нормы ПСВ.
<https://bronhialnaya-astma.com/diagnostika/tseli-i-pravila-provedeniya-pikfloumetrii-pri-bronhialnoj-astme-normy-psv>

Литература

1. Кондратьев, М. А. Имитационное моделирование в медицине: многоагентная модель распространения гриппа / М. А. Кондратьев // Компьютерные инструменты в образовании. – 2011. – № 4. – С. 32-36.
2. Жукова, О. В. Модель формирования бронхиальной астмы у детей, страдающих острым и рецидивирующим обструктивным бронхитом / О. В. Жукова, С. В. Кононова, Т. М. Коньшкіна // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2016. – Т. 145. – № 6. – С. 22-27.
3. Демченко, М. В. Разработка медицинской информационной системы с элементами поддержки принятия решений в кардиологии / М. В. Демченко, М. А. Фирюлина, И. Л. Каширина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 8-1(110). – С. 69-76. – DOI 10.23670/IRJ.2021.110.8.010
4. Глубокое машинное обучение (искусственный интеллект) в ультразвуковой диагностике / Г. С. Лебедев, А. П. Маслюков, И. А. Шадеркин, А. И. Шадеркина // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 22-29. – DOI 10.29188/2542-2413-2020-6-2-22-29.

•