



Датчики роботов

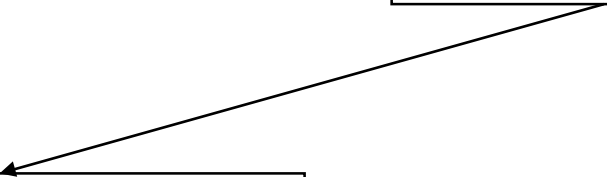
и сенсорные системы, построенные на их основе



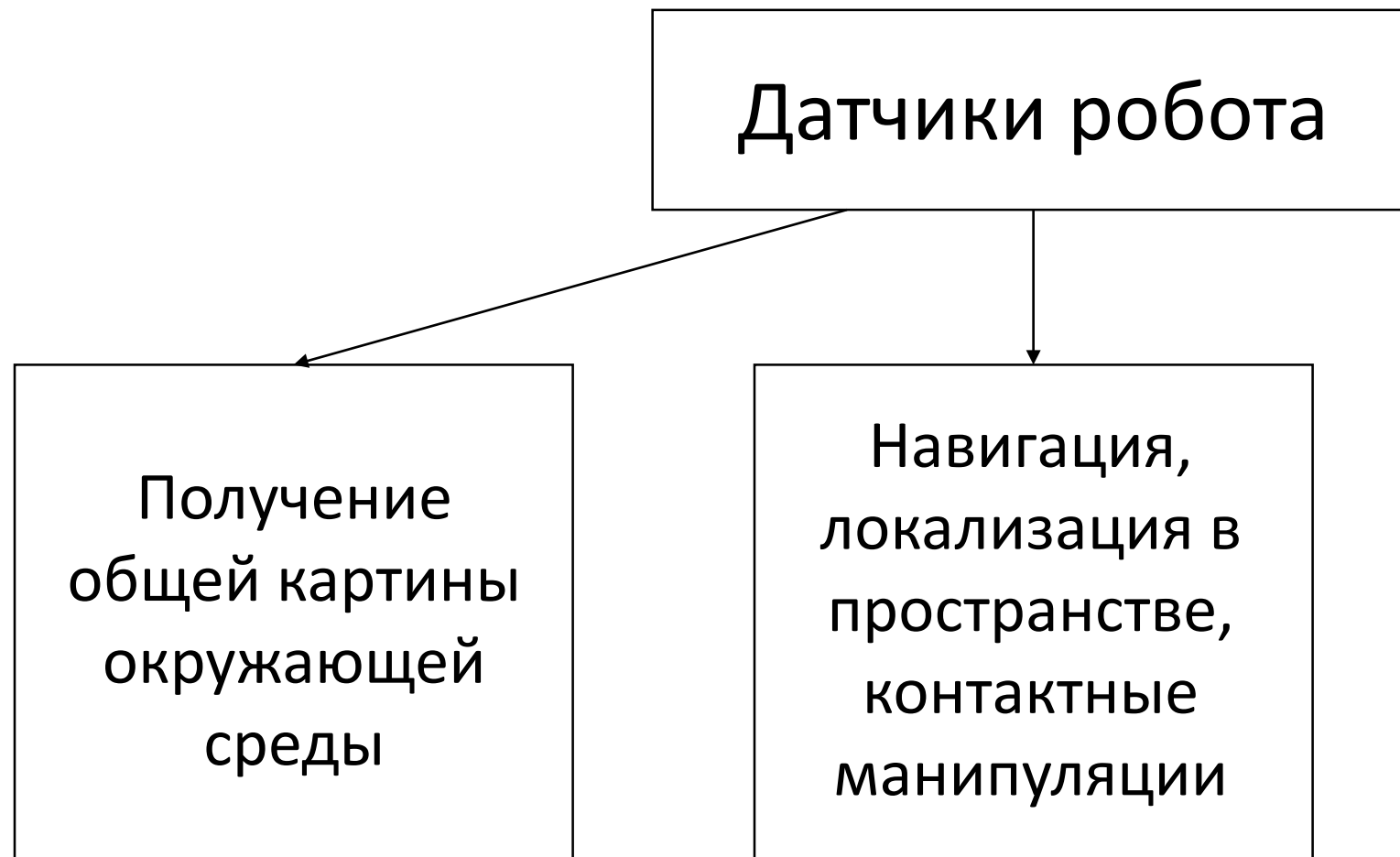
Классификация датчиков (функционал)

Датчики робота

Получение
общей картины
окружающей
среды



Классификация датчиков (функционал)



Классификация датчиков (функционал)





Сенсорные системы дальнего и ближнего действия

Методы решения задач навигации:

автономные и неавтономные.

Неавтономные методы построены на обработке внешних сигналов.

Автономным методам внешних сигналов или ориентиров не требуется.

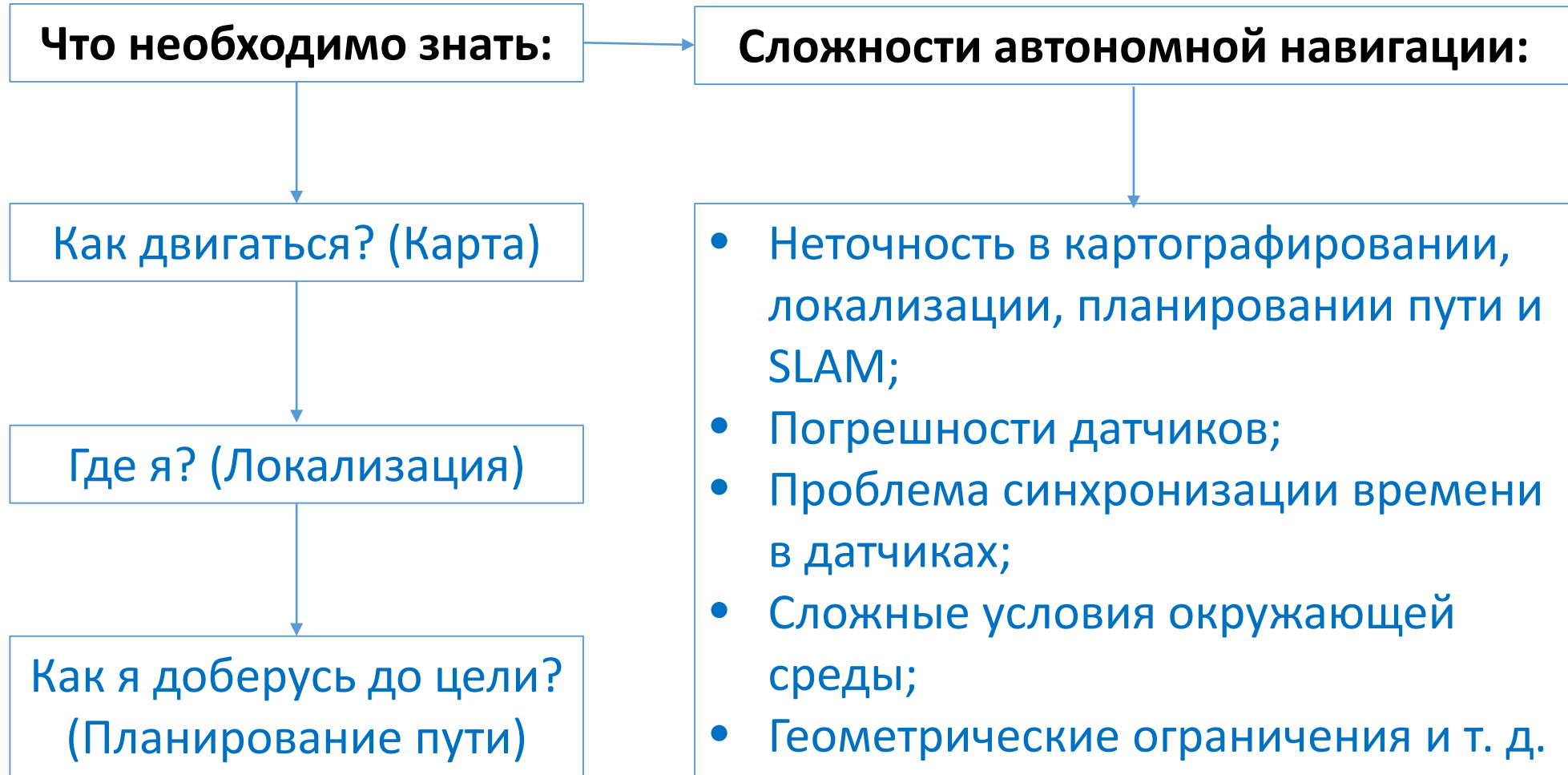
Сенсорные системы **дальнего действия** обеспечивают робот информацией о состоянии внешней среды как в зоне непосредственного действия робота, так и далеко за её пределами.

Сенсорные системы **ближнего действия** – только в зоне непосредственного действия.

Активные сенсоры осуществляют зондирование пространства и анализ отраженного сигнала.

Пассивные сенсоры используют естественное излучение среды и объектов.

Архитектура автономной навигации



Проблемы в автономной навигации

Природа окружающей среды

- Статическая / динамическая окружающая среда;
- Неблагоприятная (опасная) среда;
- Помещение/улица;
- Известная/неизвестная среда;
- Наземная, воздушная, надводная, подводная.

ПО и «железо» робота

- Уровень автономности;
- Выбор датчика;
- Погрешность разрешения;
- Ошибка калибровки;
- Проблема синхронизации времени съёма информации;
- Ошибки дискретизации;
- Показание/ моделирование сенсора.

Характер цели

- Статический (исследование Луны и Марса)
- Динамический (отслеживание транспортных средств или людей)
- Свойства поверхности (текстура, прозрачность, и т. п.)



Сенсорные системы дальнего и ближнего действия для обеспечения навигации мобильного робота **неавтономными** методами

| Тип сенсорной системы / Тип робота | Наземный | БЛА | БЭК | АНПА | Космический |
|--|----------|-----|------|-------|-------------|
| Системы дальнего действия (А – активные, П – пассивные) | | | | | |
| Радиотехнические локаторы (А) | Да | Да | Да | Нет | Да |
| Лазерные дальномеры и локаторы (А) | Да | Да | Да | Нет | Да |
| Сонары (А) | Нет | Нет | Да** | Да | Нет |
| Видеокамеры (П) | Да | Да | Да | Нет | Да |
| Системы ближнего действия (А – активные, П – пассивные) | | | | | |
| Ультразвуковые дальномеры (А) | Да | Нет | Да | Да | Нет |
| Инфракрасные дальномеры (А) | Да | Нет | Да | Нет | Нет |
| Видеокамеры (П), ToF камеры (А) | Да | Да | Да | Да*** | Да |
| Система позиционирования | | | | | |
| <i>GPS – навигатор (П)</i> | Да | Да | Да | Нет* | Нет |

Лазерные дальномеры и локаторы, I группа



Hokuyo UXM-30LXH-EWA Scanning Laser Rangefinder



Лазерные дальномеры и локаторы, I группа



Hokuyo UXM-30LXH-EWA Scanning Laser Rangefinder



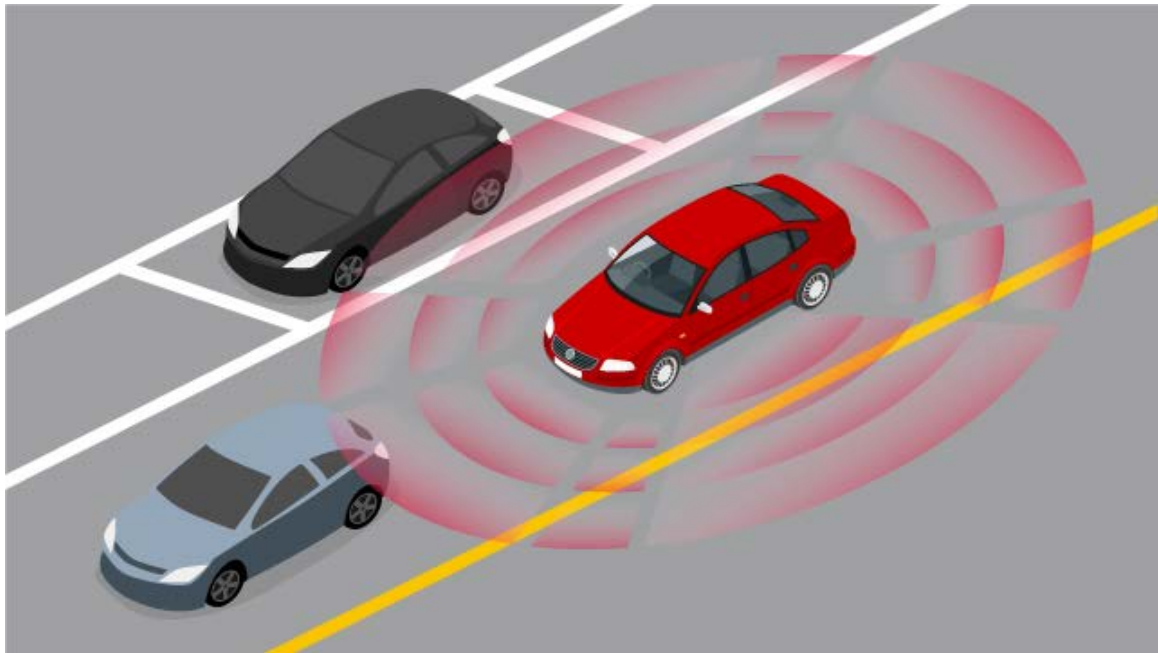


Радиотехнические датчики ближней радиолокации миллиметрового диапазона волн

Преимущества:

Высокая пространственная разрешающая способность и разрешающая способность по скорости

Однокристалльная схема включает входной радиочастотный модуль с цифровой обработкой сигнала и микроконтроллер





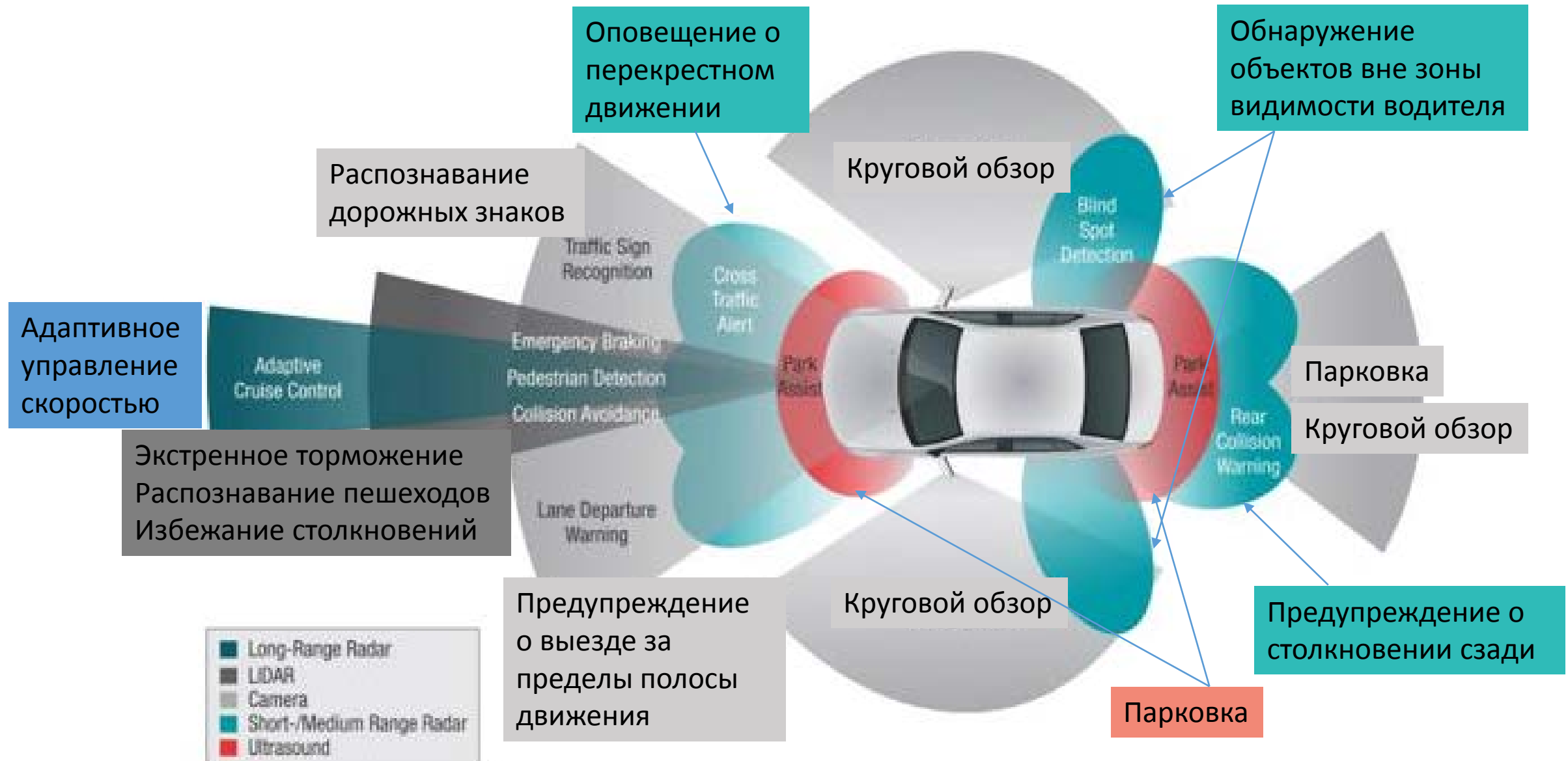
Радиотехнические датчики ближней радиолокации миллиметрового диапазона волн

- Передний локатор дальнего действия для обнаружения динамических объектов, движущихся со скоростью до 300 км/ч;
- Многорежимный радар - Обнаружение сложных городских сцен;
- Локатор ближнего действия для обнаружения с высокой точностью автомобилей, мотоциклов и др. динамических объектов на расстояниях до 80 м;
- Устойчивое детектирование и отслеживание передвижения людей в помещениях и вне помещений в условиях мутных сред и изменяющихся условий освещения.

Радар кругового обзора миллиметрового диапазона



Датчики автономного вождения





Системы технического зрения (СТЗ), I группа

Задачи СТЗ

Основные:

- Получение общей зрительной картины окружающей внешней среды;
 - Выделение и распознавание объектов (кластеризация, классификация и верификация);
 - Определение характеристик объектов, необходимых для выполнения задания
- Методы: сегментация, подсчет пикселей, декодирование, работа по контуру, бинаризация, символьное распознавание, сопоставление шаблонов и др.

Вспомогательные:

- Визуализация выходной информации других типов сенсорных систем..



Системы технического зрения (СТЗ), I группа

Кластеризация – разбиение изображения на группы по схожести или близости некоторых важных признаков. Внутри каждой группы должны оказаться «похожие» объекты, а объекты разных групп должны быть как можно более отличны. **Перечень групп четко не задан и определяется в процессе работы алгоритма.**

Классификация — разделение элементов изображения на разновидности согласно каким-либо важным признакам. **Перечень групп четко задан.**

Верификация – обнаружение конкретного искомого объекта.



Системы технического зрения (СТЗ), I группа

Задачи СТЗ

Основные:

- Получение общей зрительной картины окружающей внешней среды;
- Выделение и распознавание объектов (кластеризация, классификация и верификация;
- Определение характеристик объектов, необходимых для выполнения задания.

Методы: сегментация, подсчет пикселей, декодирование, работа по контуру, бинаризация, символьное распознавание, сопоставление шаблонов и др.

Вспомогательные:

- Визуализация выходной информации других типов сенсорных систем.

Основные компоненты СТЗ – камеры различных диапазонов излучения и ПО обработки изображений.

Типы датчиков изображения (навигация)

| Тип камеры | Преимущества | Недостатки |
|---|---|--|
| Монокулярная камера | Дешевая, компактная, простая в эксплуатации и калибровке, не требует высокой вычислительной мощности. | Ограниченность данных, плохо передаёт глубину изображения (дальность до объекта). |
| Стереоскопическая камера, например, Bumblebee2 | Обеспечивает более высокую эффективность и более точную информацию о глубине (дальности). | Менее компактна, требует большей вычислительной мощности. |
| RGBD-камера (глубина и цвет), например, PrimeSense | Обеспечивает точную информацию о глубине (дальности). | Низкая точность измерения дальности при воздействии внешних помех, (различные типы излучения и т. д.) |
| Времяпролётная или ToF-камера(Kinect) АКТИВНАЯ! | Короткое время обработки с высокой точностью и надёжностью измерения глубины. Хорошо подходит для картографирования внутри помещений. | Низкое разрешение, есть проблема со смешением пикселей, снижается производительность при работе вне помещений. |
| Инфракрасная | Работает в условиях низкой освещённости. | Требуется высокая вычислительная нагрузка для эффективной реконструкции изображения. |

Камеры с ИК-подсветкой



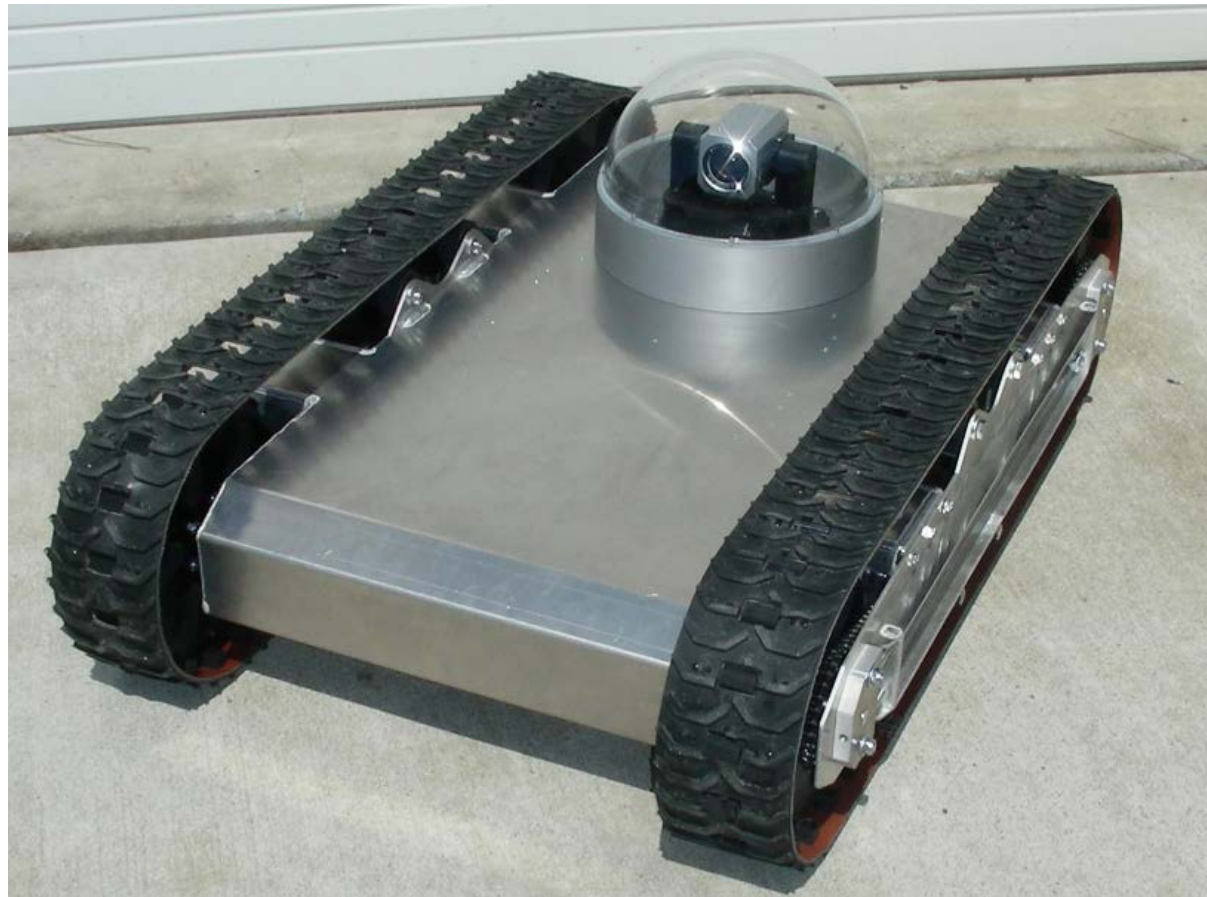
Аппаратура видеонаблюдения



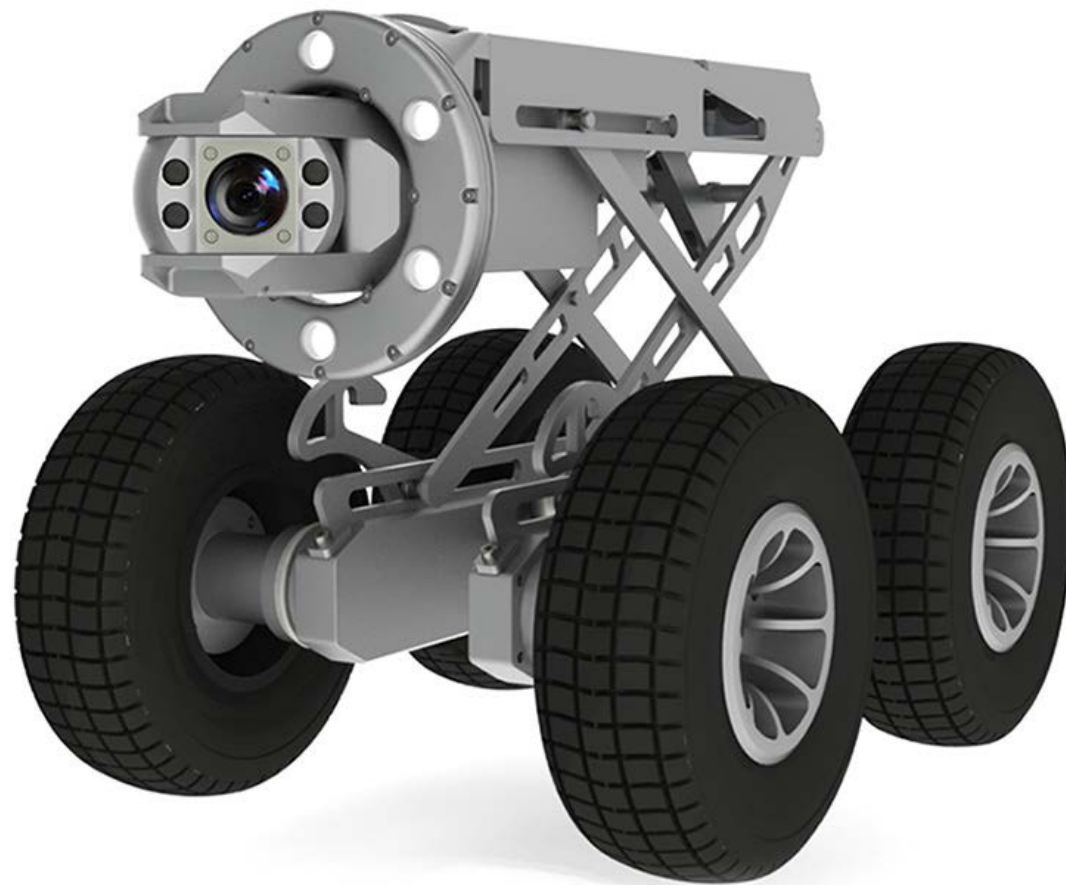
Универсальная роботизированная платформа



Видеокамеры



Купольная PTZ камера на роботе Superdroid



PTZ камера на инспекционном роботе труболазе SCHRODER



Видеокамеры

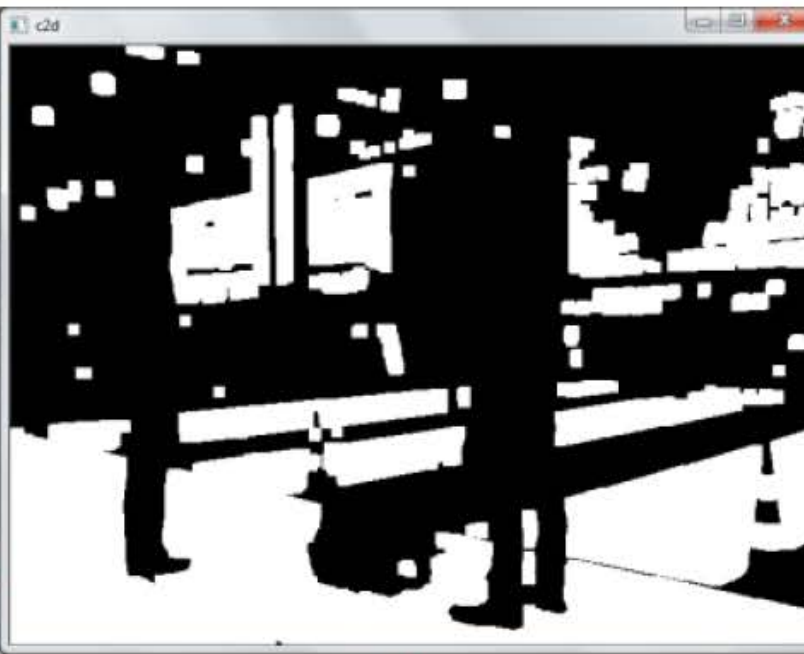


Пример работы СТЗ

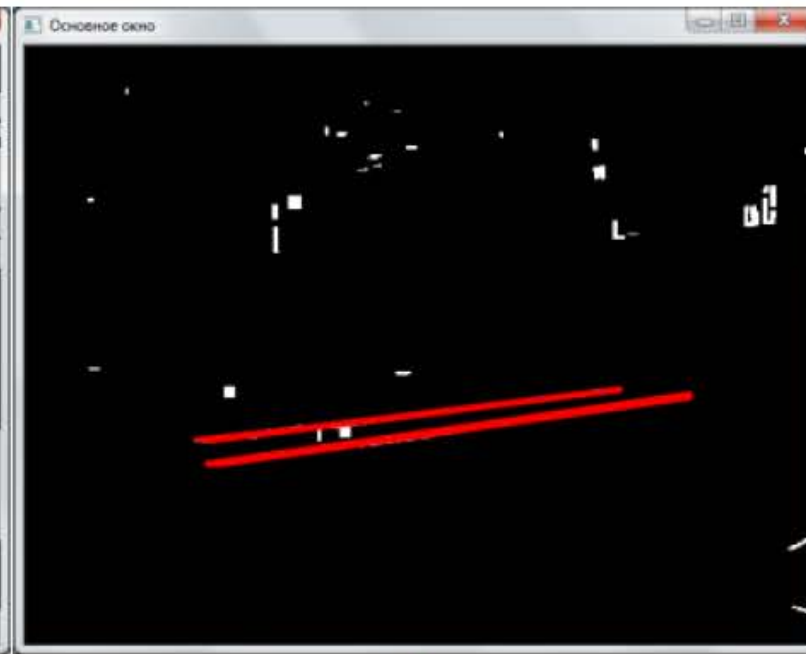
Иллюстрация к алгоритму распознавания границ трассы, по которой движется робот



а)



б)



в)

1. Получение изображения с помощью видеокамеры (рис. а);
2. Выделение областей заданного цвета (с помощью порогового преобразования);
3. Удаление шумов, возникших при выделении;
4. Применение операции морфологического расширения для найденных областей;
5. Произведение тех же действий для выделения областей с цветом трассы: выделение по цвету, подавление шумов и расширение (рис. б);
6. Нахождение границ трассы путём наложения расширенных областей с цветом границ на расширенные области с цветом трассы;
7. Нахождение линий с помощью преобразования Хафа на изображении, полученном в результате наложения (рис. в).



Сонары и ультразвуковые дальномеры, I группа

SONAR — Sound Navigation And Ranging
(звуковая навигация и локация)

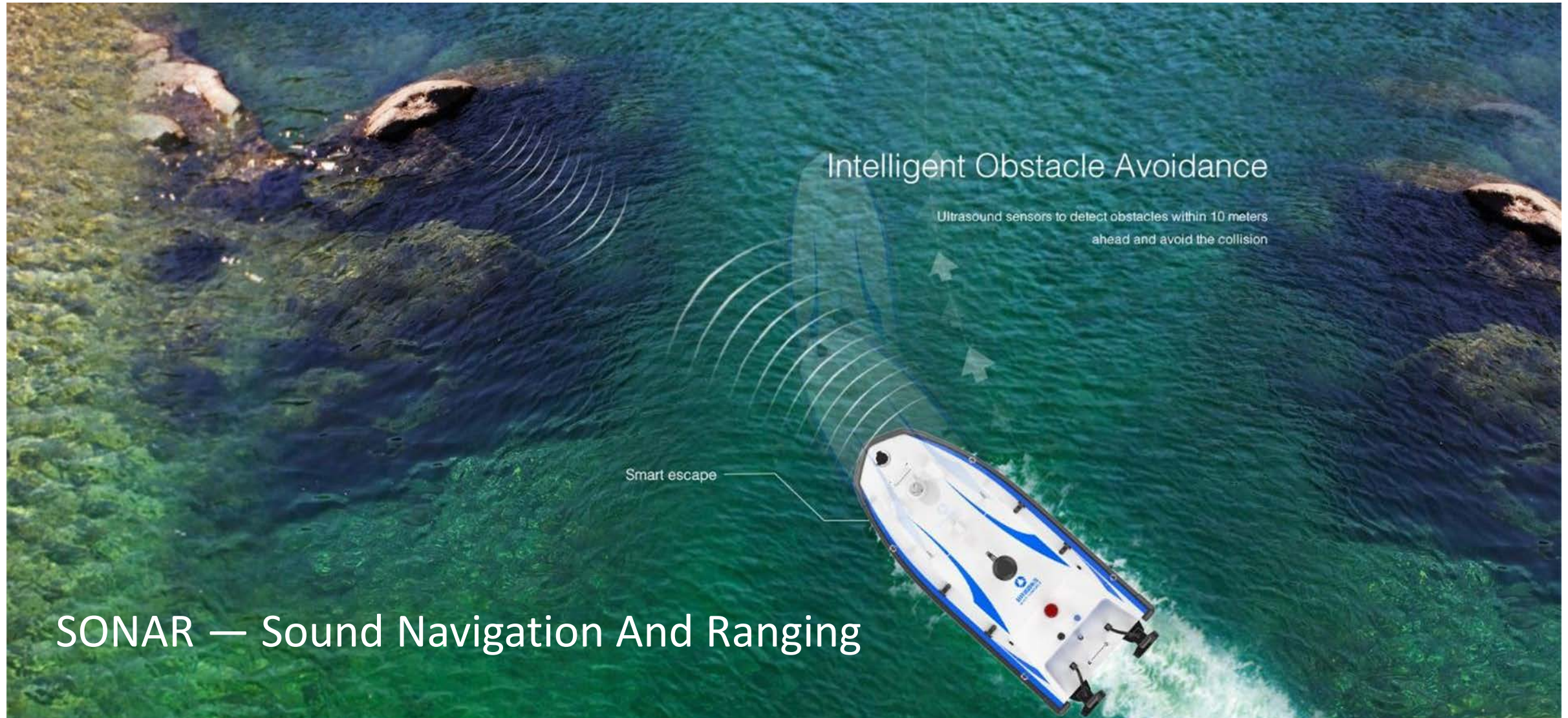
УЗ дальномеры и локаторы используют колебания частотой от 15 кГц до единиц МГц.
В воздухе используются частоты 30 – 100 кГц.

Тип преобразователей: электростатические, пьезоэлектрические, магнитострикционные

Задачи: измерение дальности до препятствия, предотвращение столкновений, картографирование окружающего пространства, распознавание объектов.

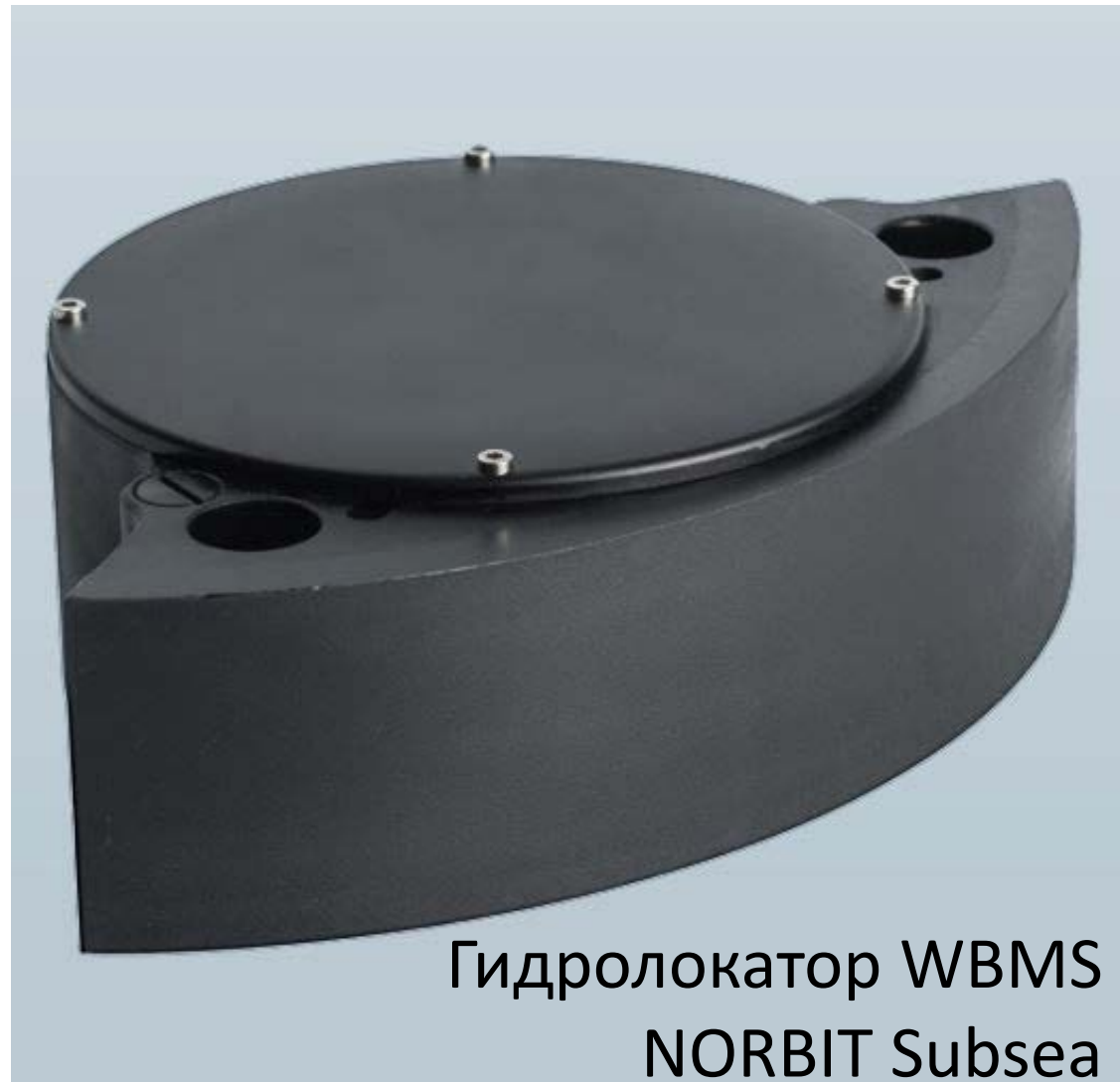
Недостатки: зависимость отраженного сигнала от свойств отражающей среды.

Сонары и ультразвуковые дальномеры, I группа



SONAR — Sound Navigation And Ranging

Сонары и ультразвуковые дальномеры, I группа





Сенсоры, определяющие положение в пространстве (II группа)

Гироскопы: определяют угловое положение в гравитационном поле.

Акселерометры: выявляют наличие ускорения и измеряют его.

Магнитометры.

Одометры.

Спутниковые системы навигации.



Сенсоры, определяющие положение в пространстве (II группа)

Гироскопы: определяют угловое положение в гравитационном поле.

Акселерометры: выявляют наличие ускорения и измеряют его.

Магнитометры.

Одометры.

Спутниковые системы навигации.



Сенсоры, определяющие положение в пространстве (II группа)

Гироскопы.

Акселерометры.

Магнитометры: определяют параметры магнитного поля Земли.

Одометры: определяют положение путем измерения пройденного пути.

Спутниковые системы навигации: геометрическое решение задачи.

Сенсоры, определяющие положение в пространстве (II группа)

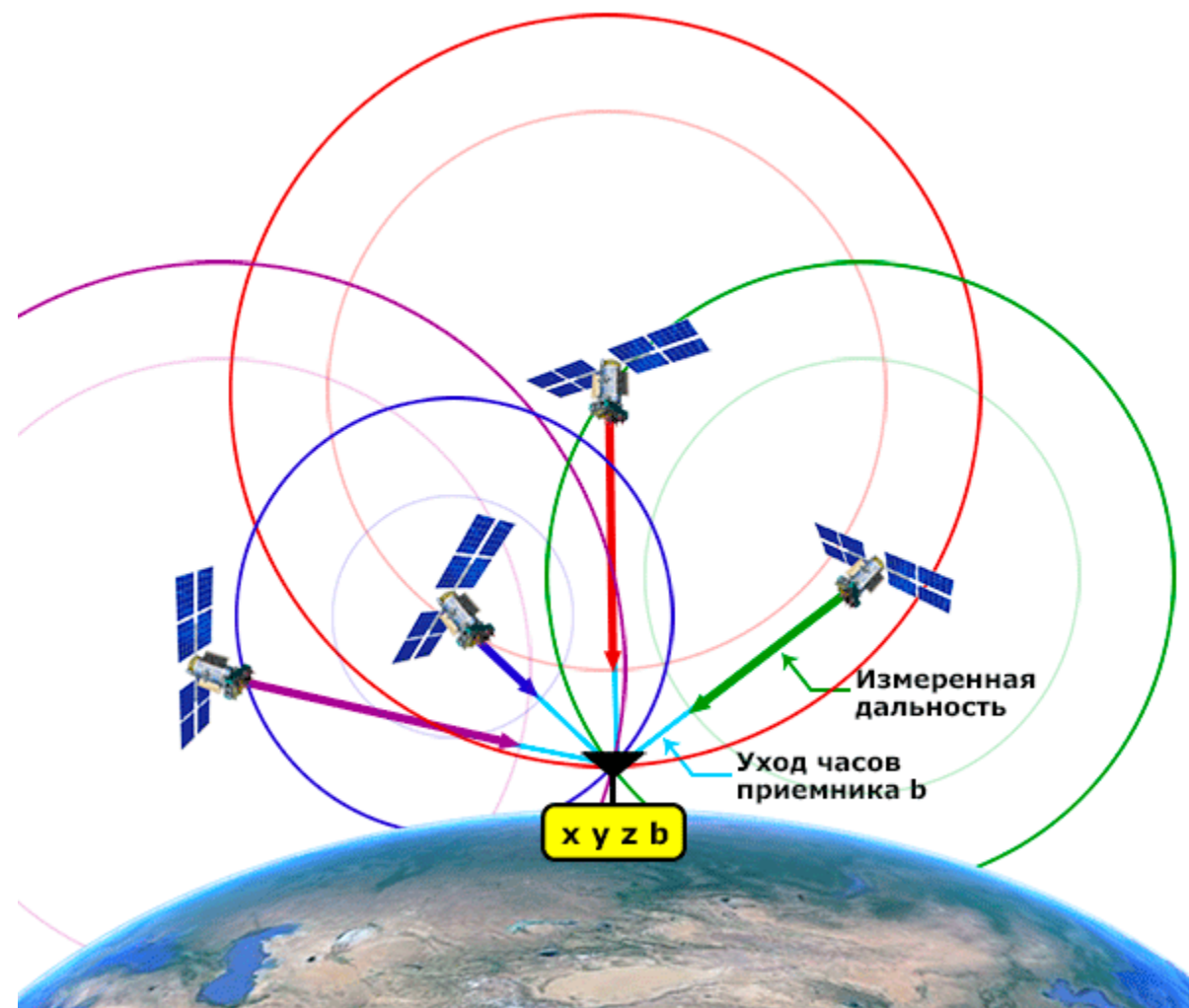
Одометры: определяют положение путем измерения пройденного пути.



Девятое колесо «Лунохода-1»

Сенсоры, определяющие положение в пространстве (II группа)

**Спутниковые
системы навигации:**
геометрическое
решение задачи.





Сенсорные системы дальнего и ближнего действия для обеспечения навигации мобильного робота **автономными** методами

| Тип сенсорной системы / Тип робота | Наземный | БЛА | БЭК | АНПА | Космический |
|--------------------------------------|----------|-----|-----|------|-------------|
| Системы дальнего и ближнего действия | | | | | |
| Инерциальные системы (П) | Да | Да | Да | Да | Да |

Инерциальные системы

Инерциальная навигация – это метод определения координат и параметров движения мобильного робота, основанный на свойствах инерции тел.

Сущность метода состоит в определении ускорения объекта и его угловых скоростей, а по этим данным нахождения местоположения (координат) робота, его курса, скорости и пройденного пути.



Инерциальные системы

Платформенные (ПИНС) Бесплатформенные (БИНС)

ПИНС построены на базе гиростабилизированной платформы

Преимущества: относительная простота вычислительных операций

Недостатки: высокая масса, габариты и энергопотребление

В БИНС нет гиростабилизированной платформы, и акселерометры и гироскопы жестко связаны с корпусом прибора.



Инерциальные системы

Корректируемые

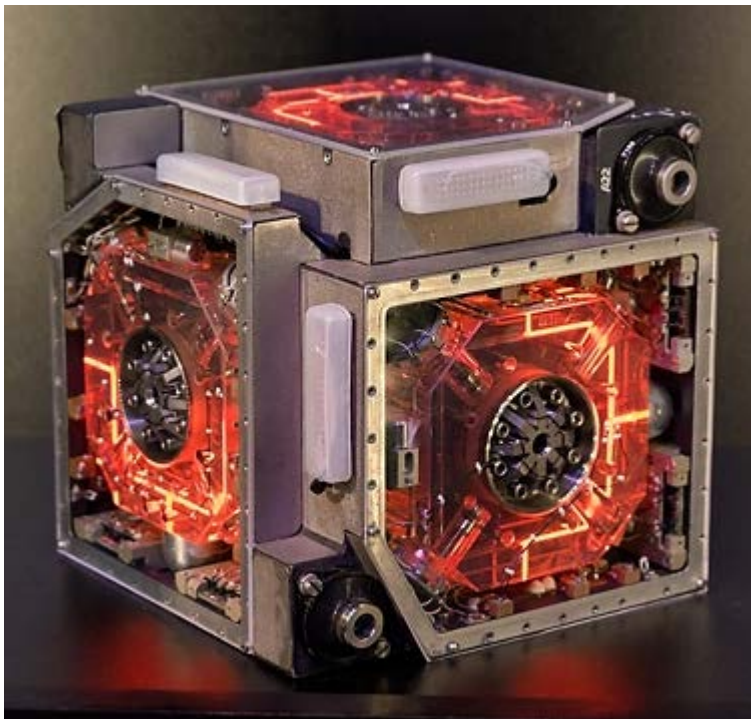
Некорректируемые

Недостаток всех инерциальных систем – накопление ошибки со временем.

Решение: корректировка положения объекта с использованием внешней информации.

Чем миниатюрнее система, тем быстрее накапливается ошибка.

Инерциальные системы



БИНС-СП-2

3 кварцевых акселерометра,
3 одноосных лазерных гироскопа.
Разработчик - Московский институт
электромеханики и автоматики.



МЭМС БИНС





Контактные датчики (II группа)

Используются для обеспечения контактных манипуляций

Тактильные датчики служат для определения вариаций давления на рабочих поверхностях исполнительного механизма

Силомоментные датчики (датчики сил и моментов) предназначены для измерения динамических напряжений в сочленениях и захватном устройстве манипулятора

Контактные датчики (II группа)

Тактильные датчики



Регистрируют факт касания, определяют положение точек касания и измеряют контактные силы в этих точках

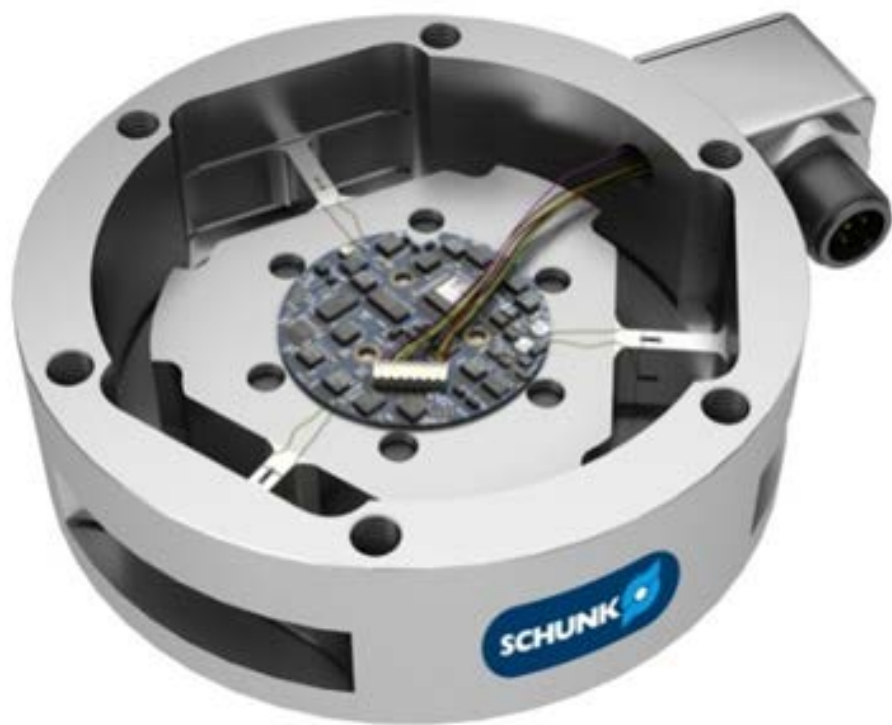
Обычно основа тактильного датчика – тензорезистор, (но датчик может быть построен и на основе пьезоэлектрического эффекта и других).

При растяжении проводящих элементов тензорезистора увеличивается их длина и уменьшается поперечное сечение, что увеличивает сопротивление тензорезистора, при сжатии сопротивление уменьшается.

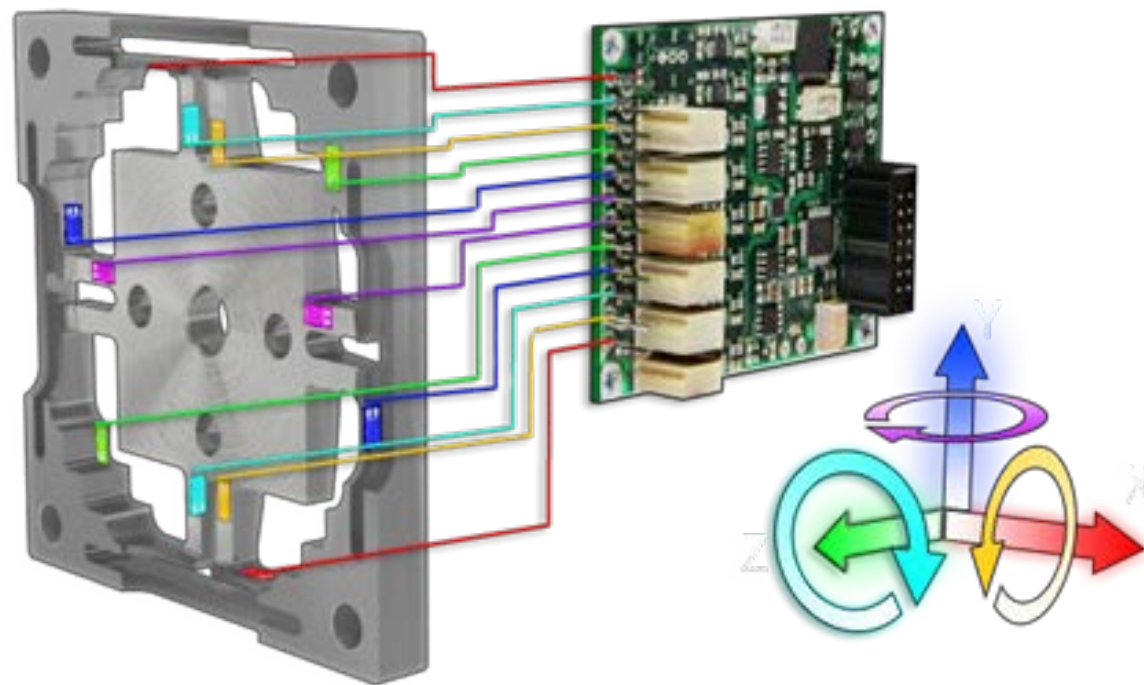
Вредный побочный эффект – температурный уход.

Контактные датчики (II группа)

Силомоментные датчики



Силомоментный 6-компонентный датчик фирмы Schunk



Силомоментный 6-компонентный датчик с Г-образными балками

Датчики приближения (II группа)

871D series ROCKWELL AUTOMATION

LJ12A3-4-Z-BX



Индуктивные



LJC30A3-HZ/BX



Емкостные

Sharp GP2Y0A02YK0F



Фотоэлектрические

IP68 / IP69K



ДГВ-200



Ультразвуковые

Датчики приближения (II группа) Индуктивные

LJ12A3-4-Z-BX



871D series ROCKWELL AUTOMATION



Датчики приближения (II группа) Емкостные



LC30A3-HZ/BX

Датчики приближения (II группа) Фотоэлектрические

Sharp GP2Y0A02YK0F



Датчики приближения (II группа) Ультразвуковые

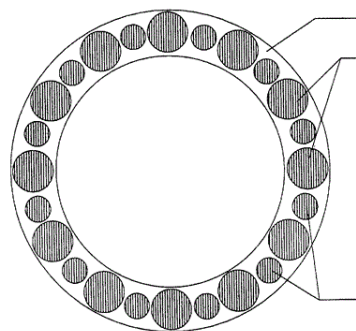


ДГВ-200

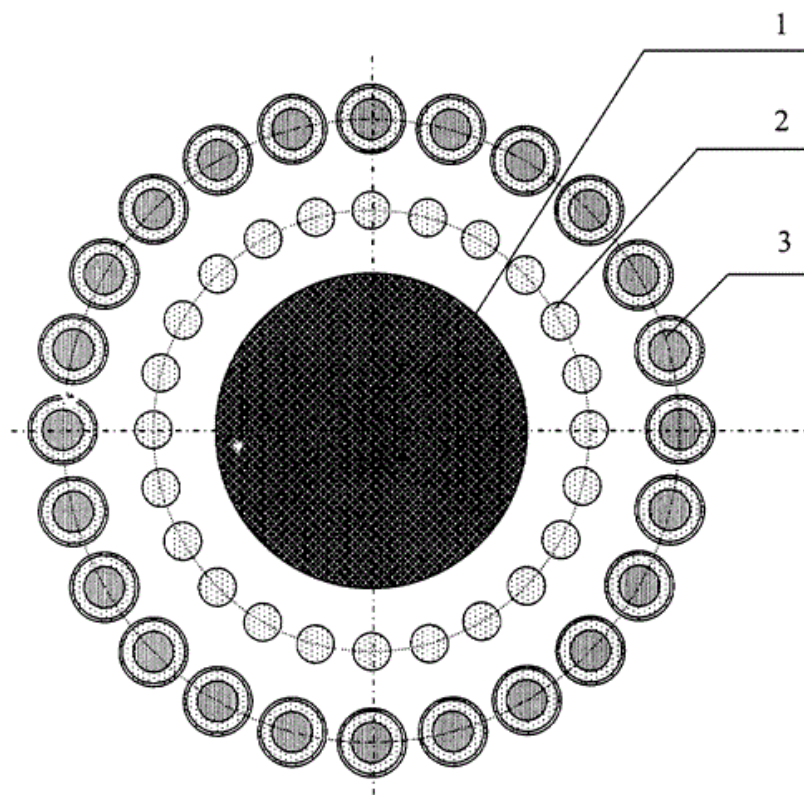
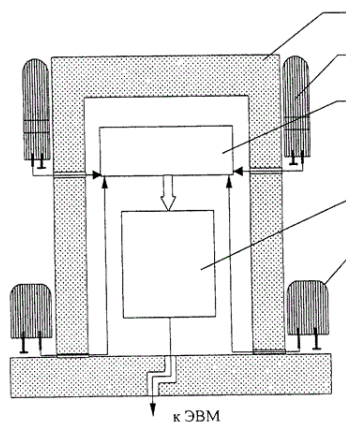
Системы навигации в радиационных полях

устройства детектирования гамма-излучения

многоэлементный азимутальный угломер-обнаружитель



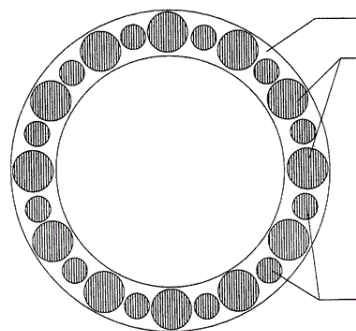
A-A



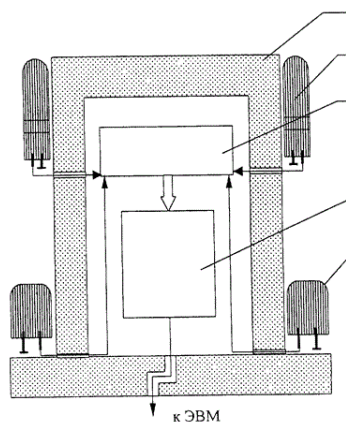
Системы навигации в радиационных полях

устройства детектирования гамма-излучения

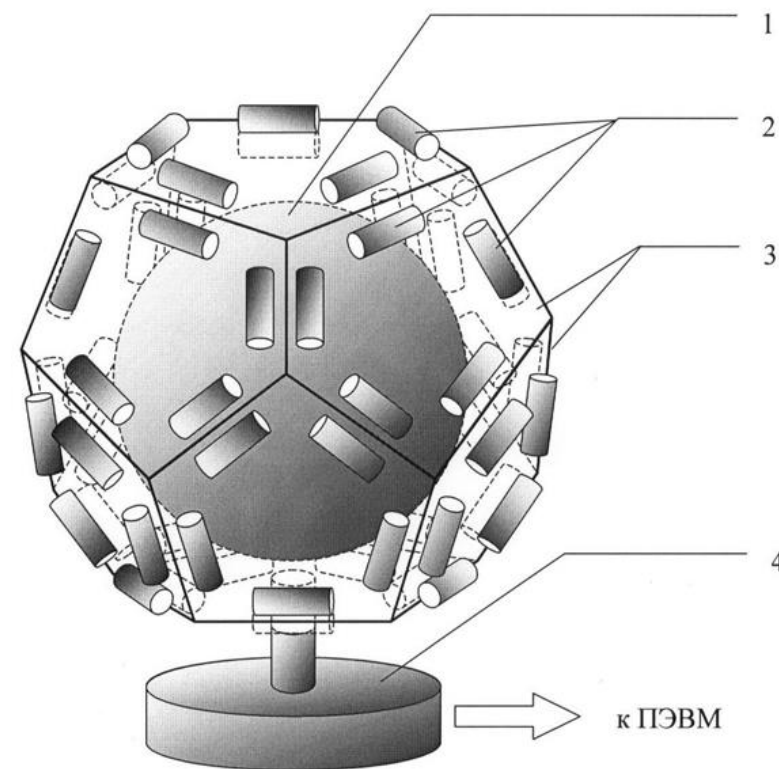
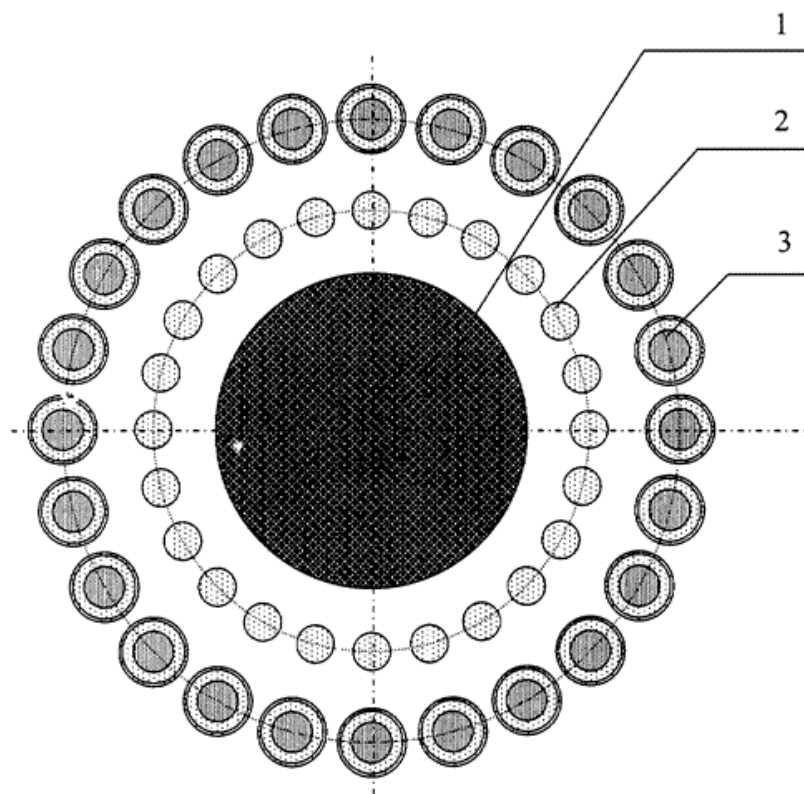
многоэлементный азимутальный угломер-обнаружитель



A-A



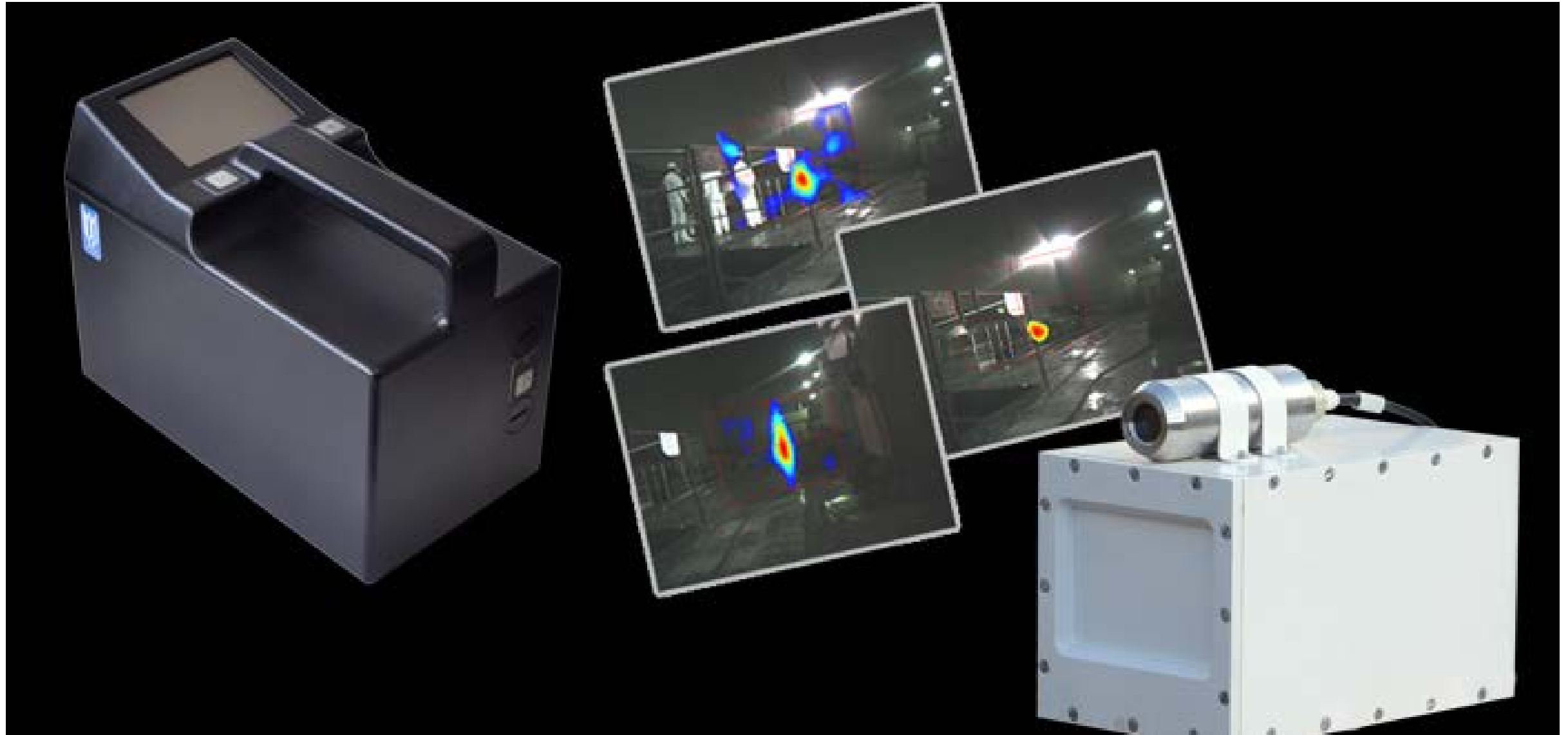
к ЭВМ



к ПЭВМ

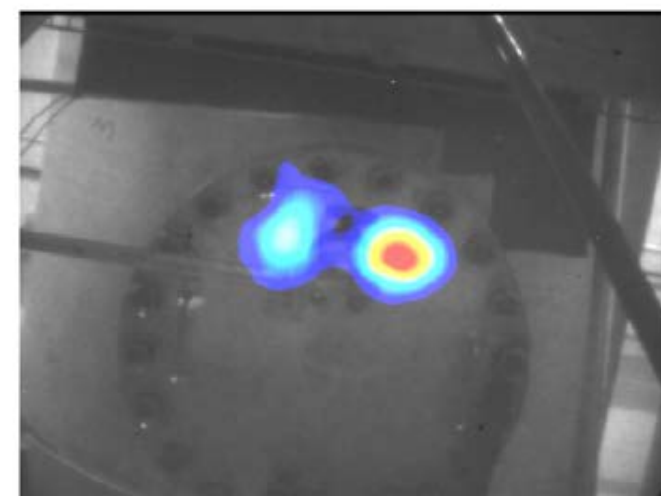
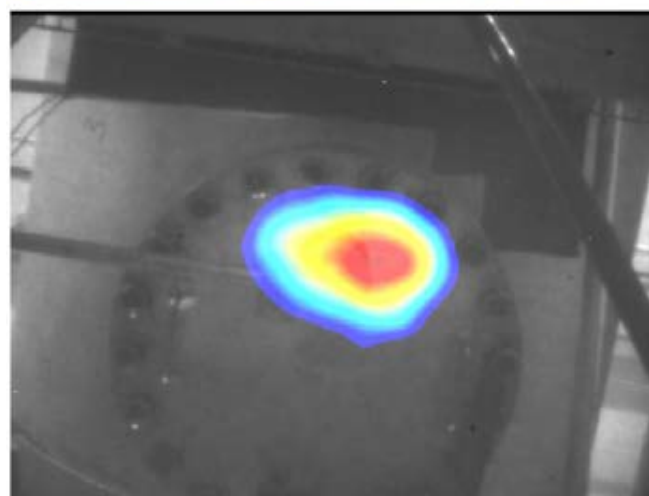
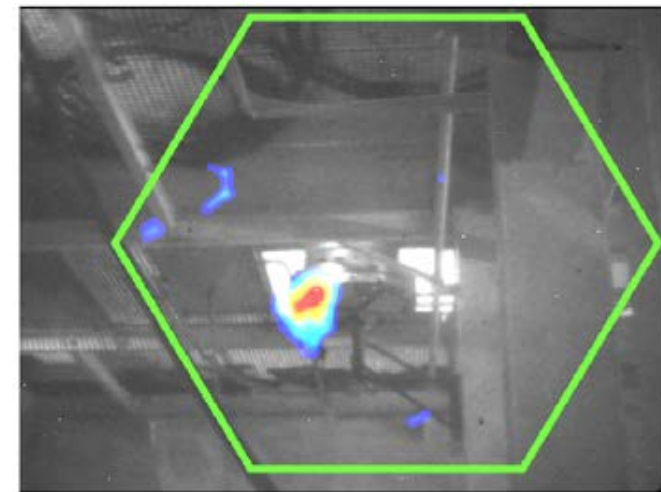
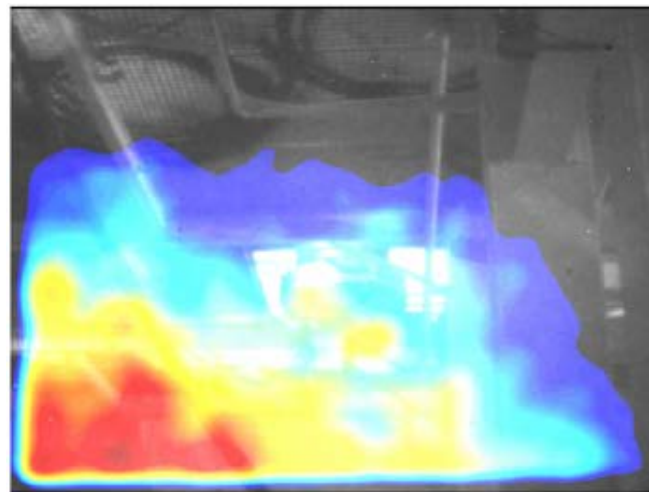
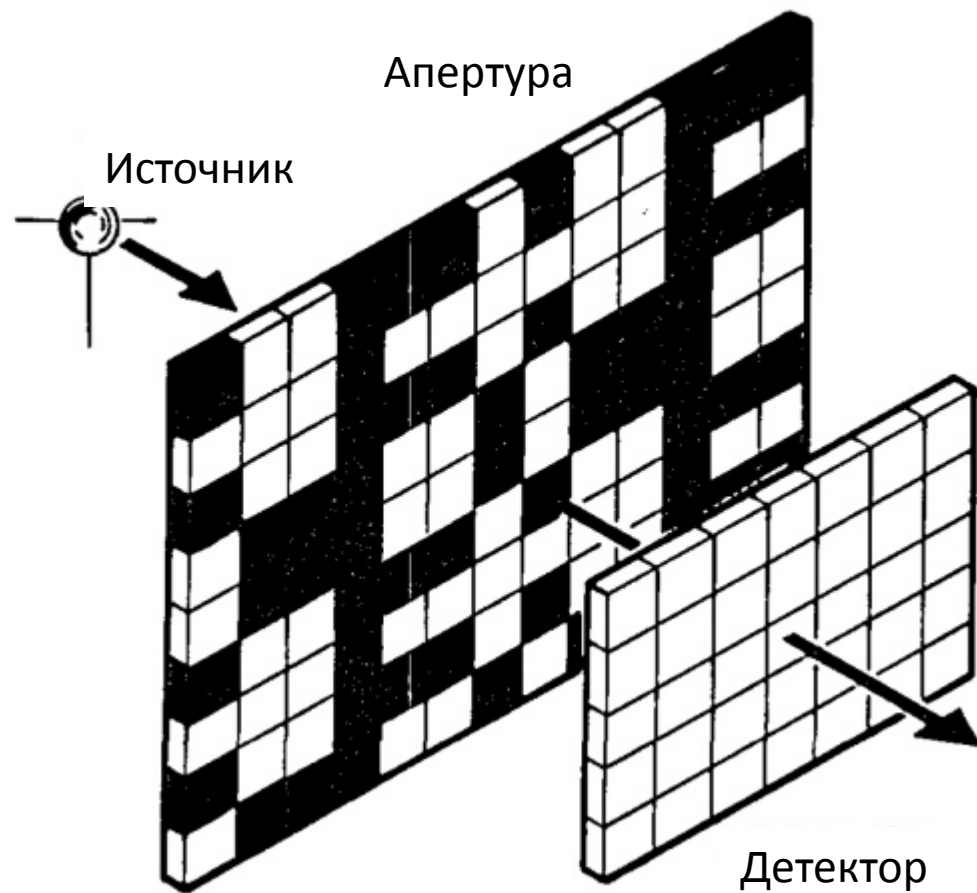
Системы наведения в радиационных полях

устройство визуализации гамма-излучения



Системы наведения в радиационных полях

устройство визуализации гамма-излучения





Мультиагентные системы. Комплексование датчиков

Задачи взаимно дополняющего комплексования:

- Повышение надежности и достоверности сенсорной информации путем дублирования сенсоров, основанных на различных физических принципах.
- Расширение диапазона измерения путем разбиения его на поддиапазоны с применением на каждом своей сенсорной системы.
- Повышение точности сенсорной информации путем совместного применения широкодиапазонной, но недостаточно точной системы и точной системы, но работающей в узком диапазоне измеряемой величины.



Мультиагентные системы. Комплексирование датчиков

5 уровней комплексирования

1. Первичные сигналы.
2. Элементы сенсорной информации (пикселы матричных изображений в СТЗ).
3. Образы объектов.
4. Вербальные признаки, выделенные сенсорными системами.
5. Символы (понятия) – верхний уровень комплексирования.

Сенсорные системы: общего назначения и специальные

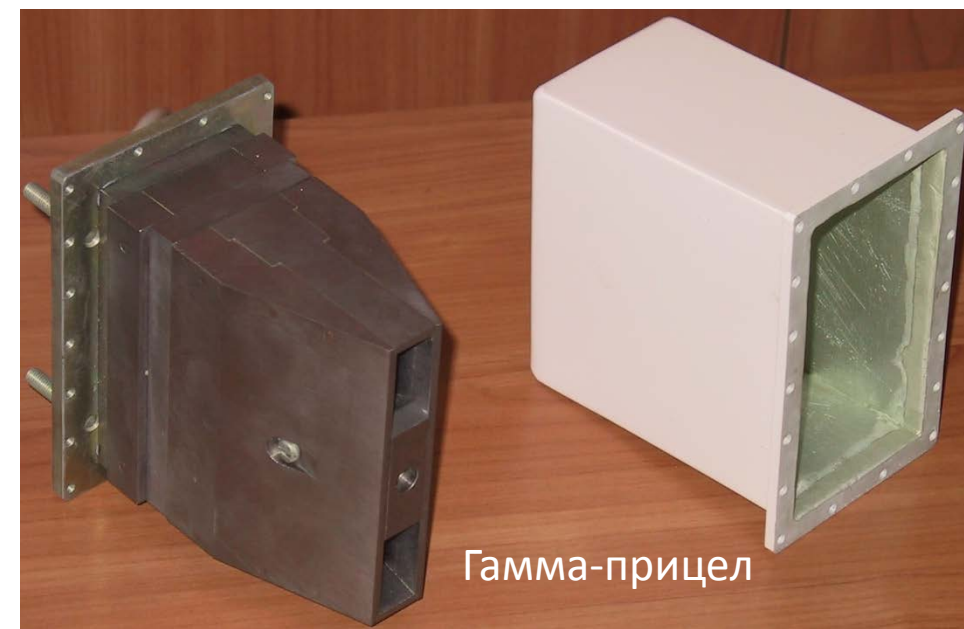
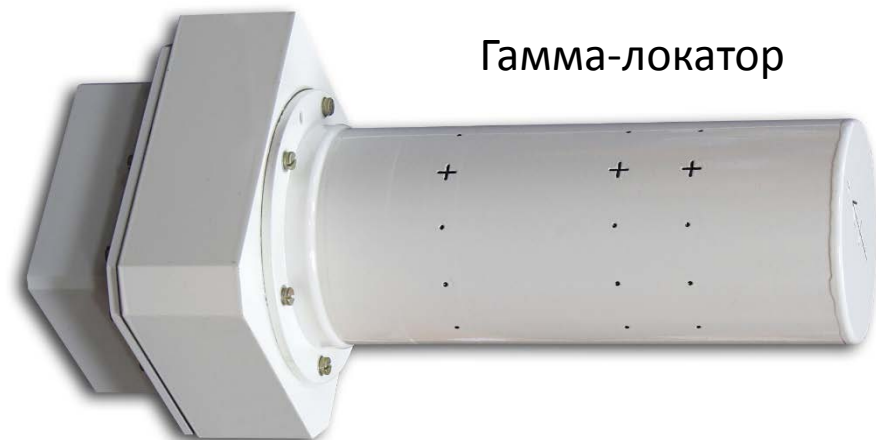
Комплексирование сенсоров общего назначения – типовая задача.

Комплексирование специальных сенсоров друг с другом и с сенсорами общего назначения представляет наибольшую трудность.

Пример:

Комплексирование спутниковой навигационной системы и инерциальной системы в условиях периодического пропадания спутникового сигнала.

Комплексирование датчиков робота РТК-05



Вопросы к экзамену

Методы решения задач навигации и классификация датчиков.

Сенсорные системы дальнего и ближнего действия (примеры применения).

В чем заключается главное отличие кластеризации от классификации?

Инерциальные системы.

Комплексирование датчиков.

Навигация в радиационных полях.

Сколько колес у Лунохода?