# 2. Разработка комплексного метода обработки потоковых данных

В данной главе производится описание разработанного робастного адаптивного алгоритма распознавания выпуклых объектов в потоковых данных инвариантный к уровню как собственных шумов оптических сенсоров, так и внешних помех. Разработанный алгоритм не требователен к вычислительным ресурсам и предназначен для реализации на базе SOC (system on chip).

# 2.1 Описание входных данных алгоритма

Входными данными разработанного алгоритма являются массив показаний датчиков определения расстояния. Данные датчики могут быть заменены, например, на датчики приближения.

На рисунке 1 представлен репрезентативный массив значений входных данных алгоритма, где по оси X отмечено положение десяти датчиков от a до j, а по оси Y измеренные построчно расстояния.

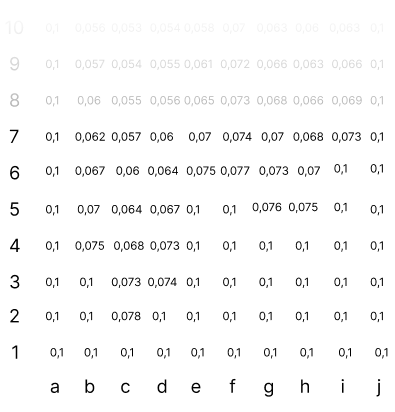


Рисунок 1 - Репрезентативный массив значений входных данных алгоритма

Примером датчика определения расстояния может служить VL53L0X, который работает на основе принципа лидара. Он использует инфракрасный лазер для измерения расстояния до объекта на основе времени, за которое отраженный лазерный сигнал возвращается обратно к датчику.

Набор сигналов от всех датчиков дает представление о контуре одного "среза" сканируемой области. Считывание нескольких срезов позволяет получить трехмерное представление о контуре сканируемой области.

# 2.2 Фильтрация данных

Для решения поставленной задачи фильтрации данных необходимо учесть ряд свойств и выбрать наиболее подходящий для данного случая фильтр. Скользящее среднее — это метод фильтрации сигналов, который используется для сглаживания данных путем вычисления среднего значения по подмножеству точек данных, перемещающемуся по всему набору данных. Размер этого подмножества, называемого окном, определяется заранее.

Для применения скользящего среднего определяется размер окна, например, 5 точек данных для сигнала. Окно перемещается по всему сигналу, и для каждого положения окна вычисляется среднее значение точек данных внутри окна. Это среднее значение затем заменяет значение в центре окна.

Скользящее среднее полезно для сглаживания шумов и колебаний в сигнале, позволяя выявить общие тенденции и уменьшить влияние случайных изменений. Однако следует помнить, что скользящее среднее также может сглаживать резкие изменения и детали сигнала, что может быть нежелательным в некоторых ситуациях.

На рисунке 2 представлена матица весов. Результат фильтрации представлен на рисунке 3.



Рисунок 2 – Матрица весов



Рисунок 3 – До и после фильтрации

Необходимо учитывать, что выбор конкретного фильтра должен основываться на анализе сигнала и его особенностях. Для каждой ситуации требуется провести анализ спектра частот шумов и артефактов, а также принять во внимание желаемые параметры сигнала, такие как разрешение, стабильность и сохранение деталей.

Анализ методов фильтрации, представленный выше, позволяет систематизировать подходы к обработке данных и выбрать оптимальный фильтр. Процесс фильтрации данных разделен на несколько этапов.

Первый этап – сбор данных. На данном этапе процесса фильтрации производится сбор и запись данных с датчиков для последующей обработки.

Далее следует этап предобработки данных. В процессе предобработки осуществляется фильтрация данных от возможных выбросов или шумов. Также учитываются физические ограничения, такие как предельные значения, и производится удаление данных с низкой интенсивностью. Этот этап позволяет подготовить данные к применению фильтра.

Последний этап – применение фильтра. Важным шагом в процессе фильтрации является выбор конкретного фильтра, который будет применяться к данным. Целью применения фильтра является удаление шумов, выбросов или несовершенств оборудования.

При выборе необходимого фильтра для поставленной задачи, необходимо учесть такие параметры, как частотный диапазон сигнала, требуемое подавление шума или выбросов, а также особенности конкретной системы или оборудования. Также следует учитывать вычислительные возможности доступных алгоритмов и время обработки данных.

Таким образом, для эффективной фильтрации данных с датчиков необходимо выбирать соответствующий фильтр, учитывая специфику сигнала и требования к итоговым данным. Подходящий выбор фильтра обеспечит эффективную фильтрацию шумов и артефактов, а также сохранение важных деталей сигнала, что в конечном итоге повысит качество и надежность результатов обработки сигналов.

Рисунок 2 демонстрирует важность порога вхождения (ПВ). Алгоритм требует установления ПВ, который фильтрует сигналы низкой интенсивности.

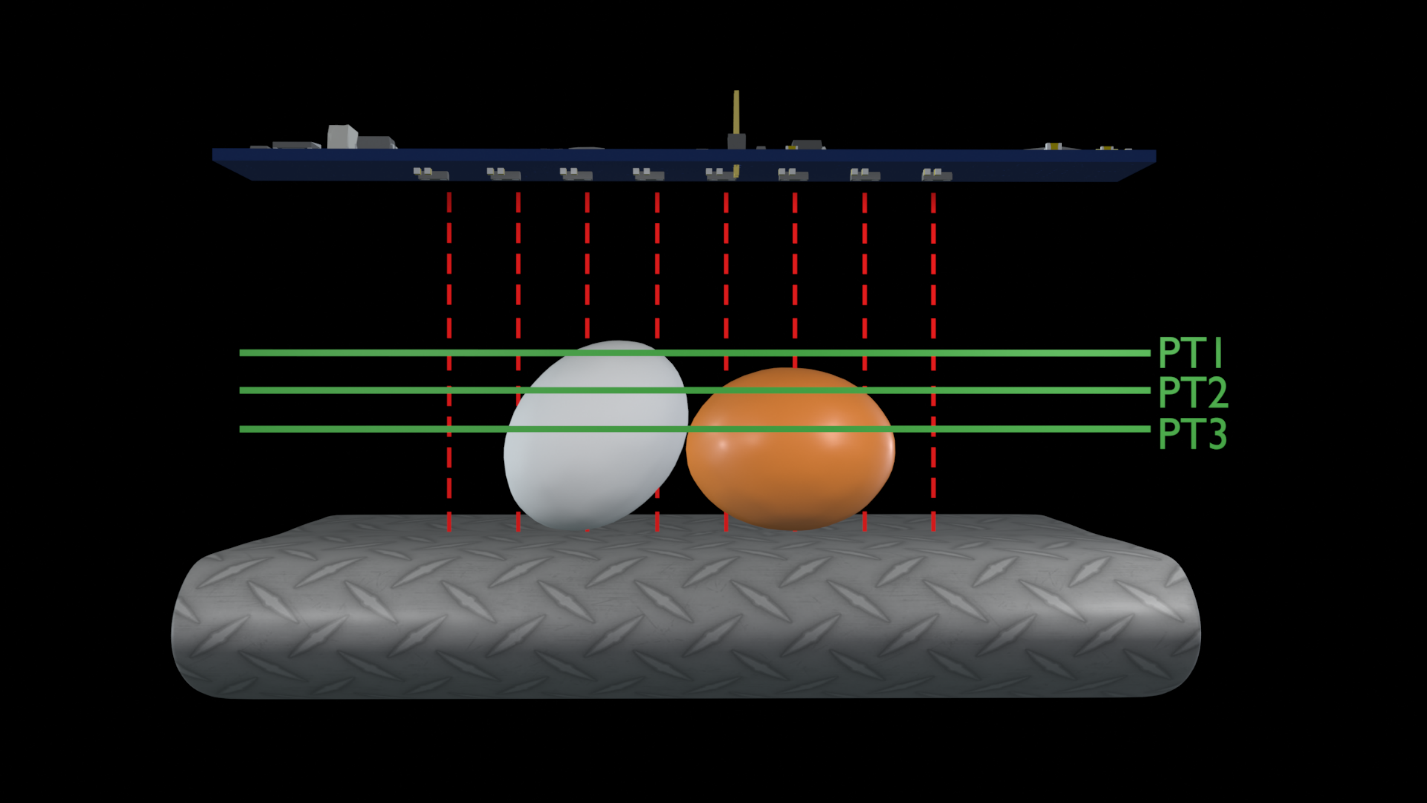


Рисунок 2 – Демонстрация важности ПВ

PT2 является показателем подходящего ПВ, поскольку он представляет собой уровень сигнала, превышающий меньшие части периметра яиц, и он не настолько высок, чтобы не указать на присутствие даже самого маленького яйца (или другого объекта), подлежащего сканированию. Теоретический ПВ на уровне, указанном PT1, был бы слишком низким, поскольку он был бы меньше, чем расстояние до самого маленького яйца. Поэтому это яйцо не будет подсчитано. Теоретический ПВ на уровне, обозначенном PT3 будет слишком высоким, так как при таком уровне ПВ невозможно обнаружить "края" объектов.

# 2.3 Алгоритм адаптации данных в зависимости от характеристики потока данных

При наличии шума или непостоянной скорости движения объектов, стандартные методы фильтрации могут давать неточные результаты.

Один из аналогов алгоритма скользящего окна с контролем может быть применен для решения подобных проблем. Этот алгоритм, основываясь на предположении о непрерывности скорости движения объектов, позволяет более точно определить их скорость и направление движения для корректной работы алгоритма обнаружения объектов.

Алгоритм использует окно заданного размера n, которое перемещается по временному ряду данных. Размер окна n зависит от количества объектов и максимальной скорости, чем больше объекты, тем больше значение n. В каждом положении окна происходит анализ данных для обнаружения объектов, на основе этого происходит оценка их скорости, что определяет размер окна m (1). При заполнении окна m данными вычисляется среднее арифметическое всех столбцов, которое затем используется для обработки алгоритмом поиска объектов.

*(1)*

где j – количество объектов, на основе которых производятся расчеты;

xi – количество детектированных показателей i-го объекта;

k – коэффициент пропорциональности, устанавливается экспериментально по результатам анализа соответствия формы объектов заданному образцу.

Основное преимущество данного алгоритма состоит в том, что он учитывает изменение скорости движения объектов во времени и способен дать более точные результаты при наличии шума или непостоянной скорости. Схема работы изображен на рисунке 5.

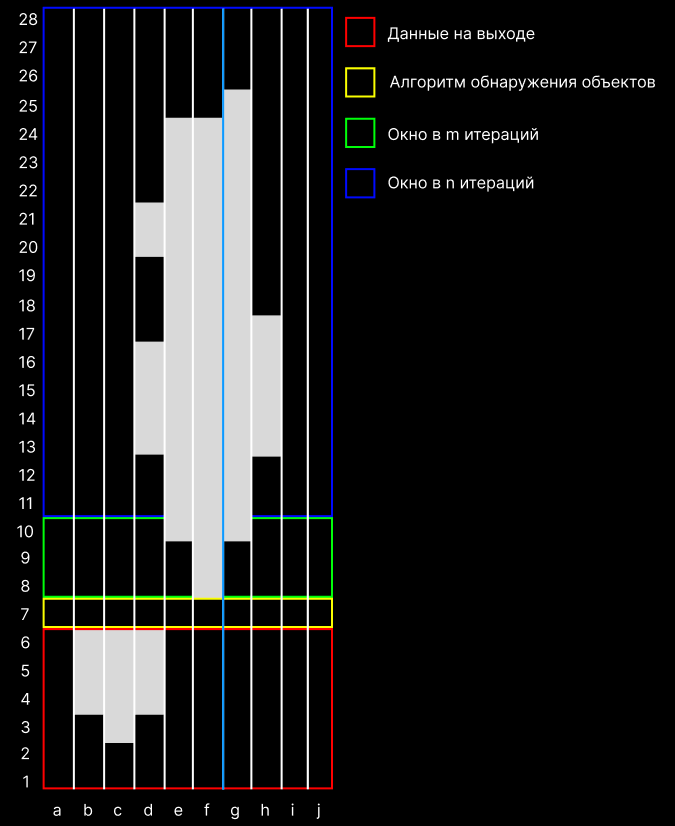


Рисунок 5 – Схема работы алгоритма классификации и скользящего окна

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 6.

Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма

# 2.4 Алгоритма детективарония объектов выпуклой формы

Основной принцип работы алгоритма обнаружения объектов заключается в детектировании и создании группы вокруг объекта, добавление датчиков в существующую группу, и поиск вершины путем выбора тройки датчиков с наименьшей суммой и определения центра этой тройки. Также алгоритм включает в себя отключение от группы на основе обнаружения другого объекта, корректировку принадлежности датчиков к группам путем проверки экстремумов, и отключение датчиков при прохождении объектов.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 3.

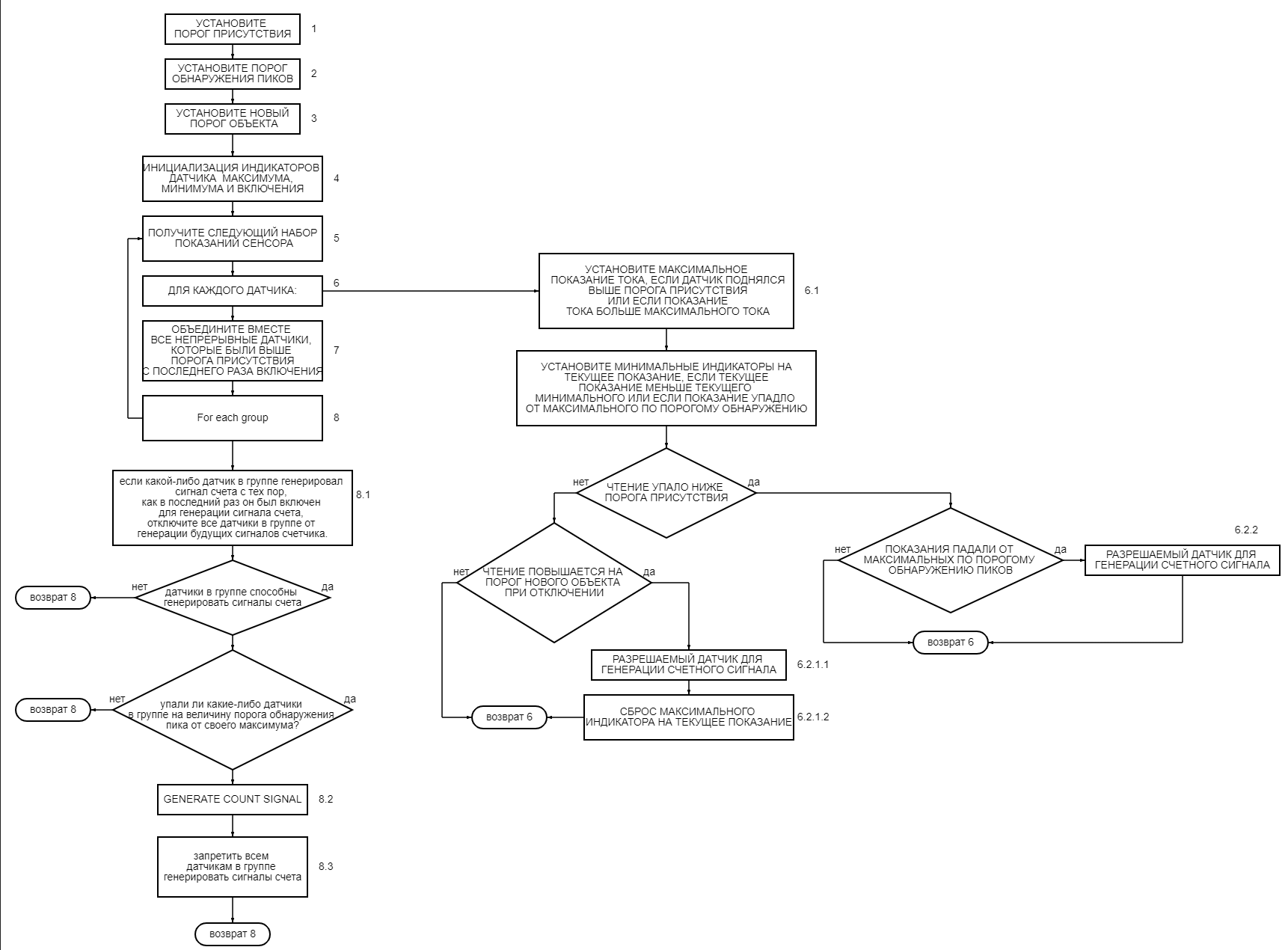


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма

Ниже приводится краткое пошаговое описание алгоритма в отношении показаний матрицы сигналов, показанных на рисунке 4.

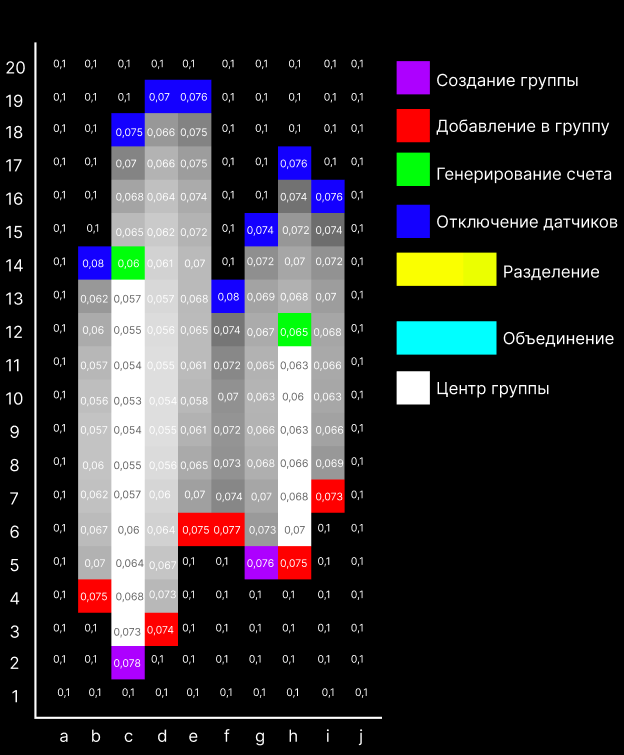


Рисунок 4 - Показания матрицы сигналов.

Показание 1. Ни одно показание не превысило, все датчики остаются выключенными.

Показание 2. Показание датчика c превышает ПВ. Так как по соседству отсутствуют созданные группы, то создается новая группа (группа №1). Центр данной группы устанавливается на датчик c.

Показание 3. Показание датчика d превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик d добавляется в данную группу (группа №1). Центр данной группы устанавливается на датчик c.

Показание 4. Показание датчика b превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик b добавляется в данную группу (группа №1). Центр данной группы устанавливается на датчик c.

Показание 5. Показание датчика g превышает ПВ. Так как по соседству отсутствуют созданные группы, то создается новая группа (группа №2). Показание датчика h превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик h добавляется в данную группу (группа №2). Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на на датчик h.

Показание 6. Показание датчика e превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик e добавляется в группу №1. Показание датчика f превышает ПВ. Так как рядом находятся 2 группы, то датчик присоединятся к той, где показатель соседнего датчика меньше. Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на датчик h.

Показание 7. Показание датчика i превышает ПВ. Так как рядом находится группа №2, то датчик присоединяется к ней. Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на на датчик h.

Показание 8-11. Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на на датчик h.

Показание 12. Значение тройки датчиков с наименьшей суммой группы 2 упало больше, чем на 5%. Это означает, что найдена вершина объекта и генерируется счет. Всем датчикам в этой группе устанавливается флаг, который запрещает генерировать счет. Центр группы 1 устанавливается на датчик с.

Показание 13. Показание датчика f упало ниже ПВ. Данный датчик отключается. Центр группы 1 устанавливается на датчик с.

Показание 14. Значение тройки датчиков с наименьшей суммой группы 2 упало больше, чем на 5%. Это означает, что найдена вершина объекта и генерируется счет. Всем датчикам в этой группе устанавливается флаг, который запрещает генерировать счет. Показание датчика b упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 15. Показание датчика g упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 16. Показание датчика i упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 17. Показание датчика h упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 18. Показание датчика c упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 19. Показание датчиков d, e упали ниже ПВ. Данные датчики отключаются.

# 2 Описание алгоритма

В данной главе производится описание разработанного робастного адаптивного алгоритма распознавания выпуклых объектов в потоковых данных инвариантный к уровню как собственных шумов оптических сенсоров, так и внешних помех. Разработанный алгоритм не требователен к вычислительным ресурсам и предназначен для реализации на базе SOC (system on chip).

# 2.1 Описание входных данных алгоритма

Входными данными разработанного алгоритма являются массив показаний датчиков определения расстояния. Данные датчики могут быть заменены, например, на датчики приближения.

На рисунке 1 представлен репрезентативный массив значений входных данных алгоритма, где по оси X отмечено положение десяти датчиков от a до j, а по оси Y измеренные построчно расстояния.

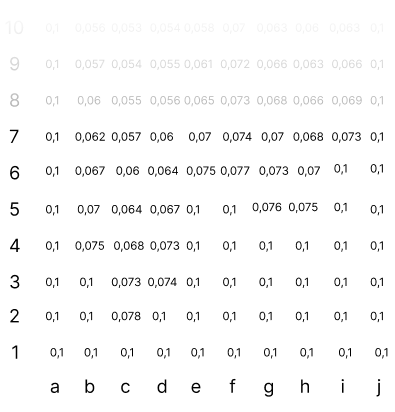


Рисунок 1 - Репрезентативный массив значений входных данных алгоритма

Примером датчика определения расстояния может служить VL53L0X, который работает на основе принципа лидара. Он использует инфракрасный лазер для измерения расстояния до объекта на основе времени, за которое отраженный лазерный сигнал возвращается обратно к датчику.

Набор сигналов от всех датчиков дает представление о контуре одного "среза" сканируемой области. Считывание нескольких срезов позволяет получить трехмерное представление о контуре сканируемой области.

# 2.2 Обзор алгоритма

Алгоритм предназначен для обработки данных от датчиков и обнаружения объектов в системе. Он включает в себя этапы фильтрации данных, контроля скорости прохождения объектов через датчики и обнаружения шарообразных объектов.

Первый этап - фильтрация данных. Все поступающие от датчиков показания проходят через специальный фильтр, который удаляет ненужные сигналы низкой интенсивности, шумы и помехи, оставляя только информацию о рассматриваемых объектах.

Второй этап - алгоритм скользящего окна с контролем скорости прохождения объектов через датчики. Датчики размещаются в определенном порядке и показания с них используются для определения скорости движения объектов в пределах системы. Для этого применяется скользящее окно, которое позволяет анализировать некоторый период времени и выяснить, сколько объектов проходит через датчики за данный промежуток времени. При этом высчитывается скорость прохождения.

Третий этап - алгоритм обнаружения объектов. После фильтрации данных и контроля скорости прохождения, происходит обнаружение объектов шарообразной формы.

# 2.3 Фильтрация данных

Для решения поставленной задачи фильтрации данных необходимо учесть ряд свойств и выбрать наиболее подходящий для данного случая фильтр. Анализ методов фильтрации, представленный выше, позволяет систематизировать подходы к обработке данных и выбрать оптимальный фильтр. Процесс фильтрации данных разделен на несколько этапов.

Первый этап – сбор данных. На данном этапе процесса фильтрации производится сбор и запись данных с датчиков для последующей обработки.

Далее следует этап предобработки данных. В процессе предобработки осуществляется фильтрация данных от возможных выбросов или шумов. Также учитываются физические ограничения, такие как предельные значения, и производится удаление данных с низкой интенсивностью. Этот этап позволяет подготовить данные к применению фильтра.

Последний этап – применение фильтра. Важным шагом в процессе фильтрации является выбор конкретного фильтра, который будет применяться к данным. Целью применения фильтра является удаление шумов, выбросов или несовершенств оборудования.

При выборе необходимого фильтра для поставленной задачи, необходимо учесть такие параметры, как частотный диапазон сигнала, требуемое подавление шума или выбросов, а также особенности конкретной системы или оборудования. Также следует учитывать вычислительные возможности доступных алгоритмов и время обработки данных.

Таким образом, для эффективной фильтрации данных с датчиков необходимо выбирать соответствующий фильтр, учитывая специфику сигнала и требования к итоговым данным. Подходящий выбор фильтра обеспечит эффективную фильтрацию шумов и артефактов, а также сохранение важных деталей сигнала, что в конечном итоге повысит качество и надежность результатов обработки сигналов.

Рисунок 2 демонстрирует важность порога вхождения (ПВ). Алгоритм требует установления ПВ, который фильтрует сигналы низкой интенсивности.

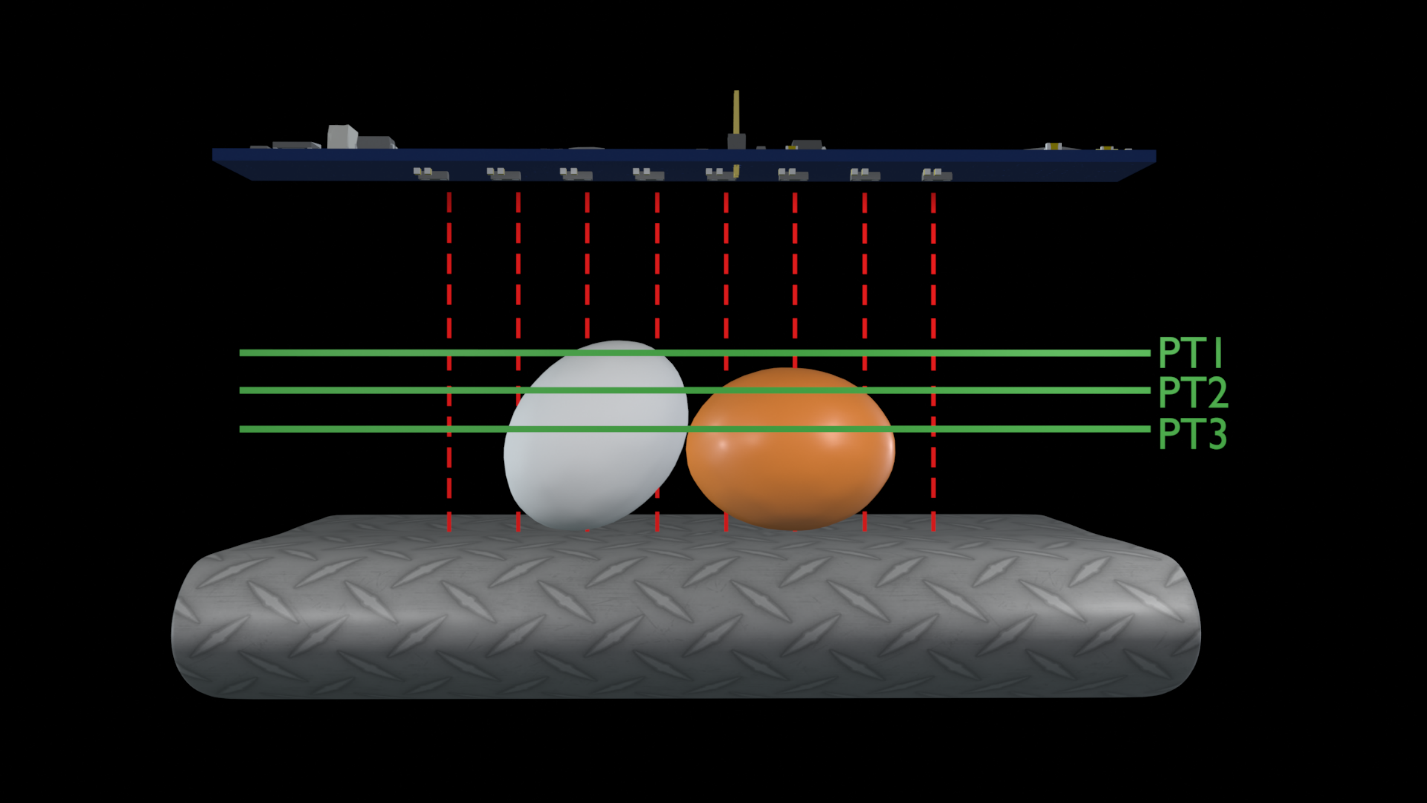


Рисунок 2 – Демонстрация важности ПВ

PT2 является показателем подходящего ПВ, поскольку он представляет собой уровень сигнала, превышающий меньшие части периметра яиц, и он не настолько высок, чтобы не указать на присутствие даже самого маленького яйца (или другого объекта), подлежащего сканированию. Теоретический ПВ на уровне, указанном PT1, был бы слишком низким, поскольку он был бы меньше, чем расстояние до самого маленького яйца. Поэтому это яйцо не будет подсчитано. Теоретический ПВ на уровне, обозначенном PT3 будет слишком высоким, так как при таком уровне ПВ невозможно обнаружить "края" объектов.

# 2.4 Описание алгоритма обнаружения объектов

Основной принцип работы алгоритма обнаружения объектов заключается в детектировании и создании группы вокруг объекта, добавление датчиков в существующую группу, и поиск вершины путем выбора тройки датчиков с наименьшей суммой и определения центра этой тройки. Также алгоритм включает в себя отключение от группы на основе обнаружения другого объекта, корректировку принадлежности датчиков к группам путем проверки экстремумов, и отключение датчиков при прохождении объектов.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 3.

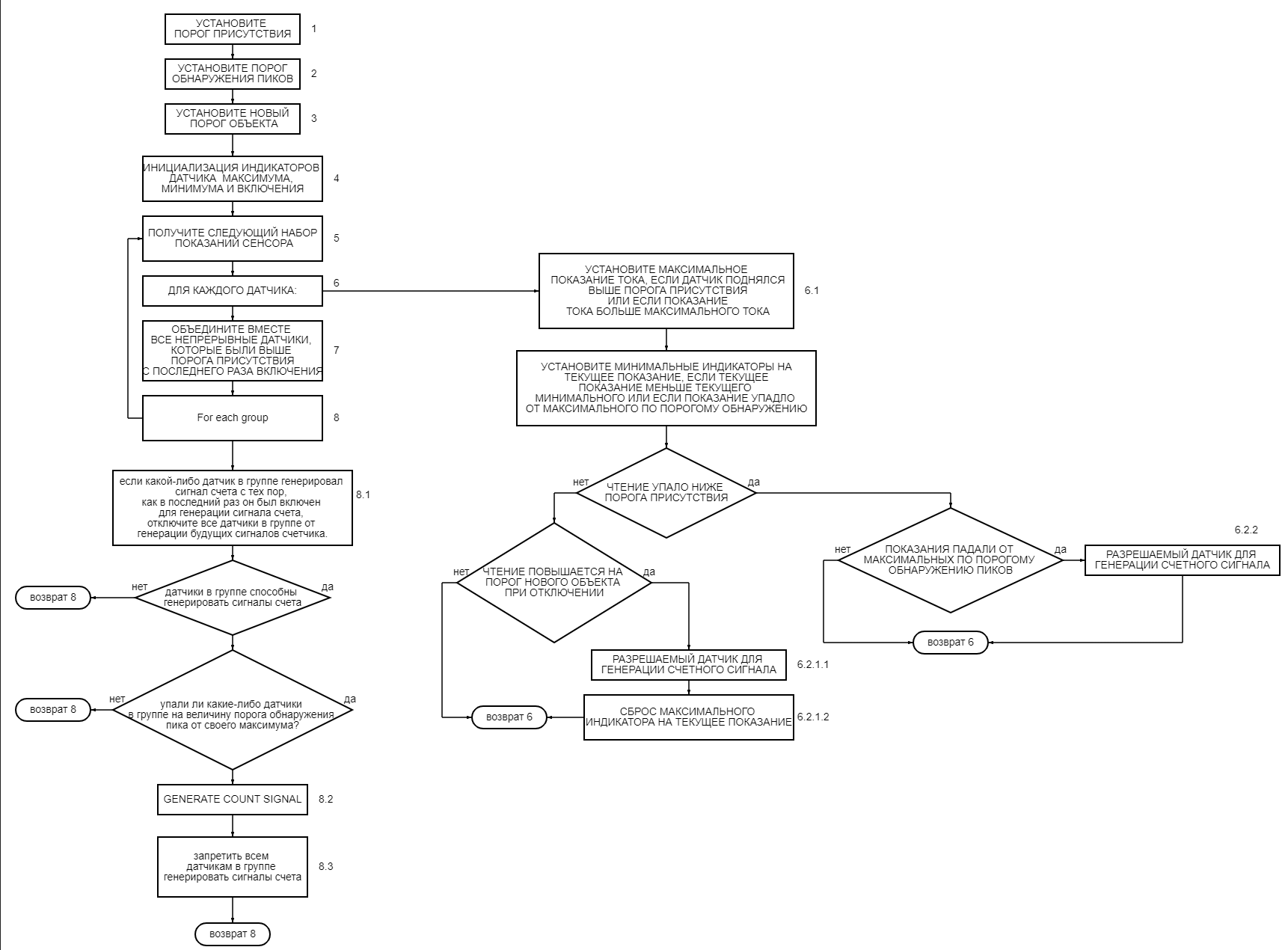


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма

Ниже приводится краткое пошаговое описание алгоритма в отношении показаний матрицы сигналов, показанных на рисунке 4.

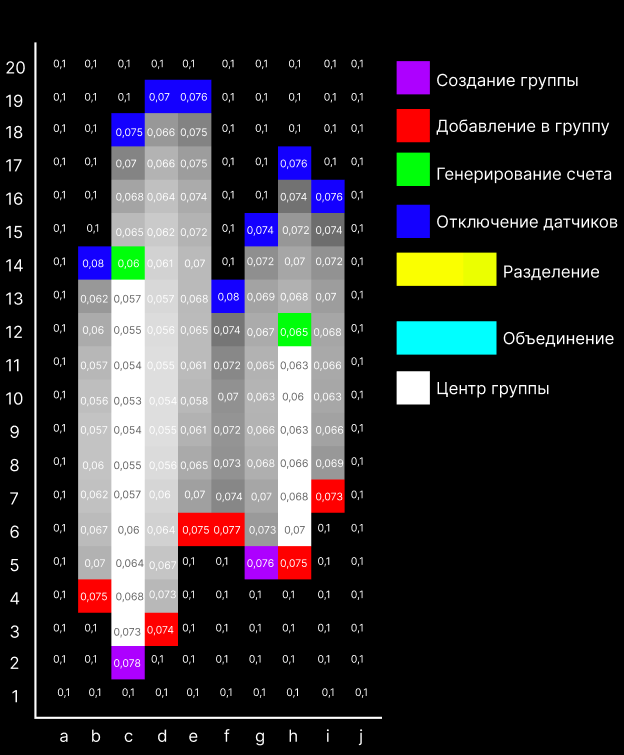


Рисунок 4 - Показания матрицы сигналов.

Показание 1. Ни одно показание не превысило, все датчики остаются выключенными.

Показание 2. Показание датчика c превышает ПВ. Так как по соседству отсутствуют созданные группы, то создается новая группа (группа №1). Центр данной группы устанавливается на датчик c.

Показание 3. Показание датчика d превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик d добавляется в данную группу (группа №1). Центр данной группы устанавливается на датчик c.

Показание 4. Показание датчика b превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик b добавляется в данную группу (группа №1). Центр данной группы устанавливается на датчик c.

Показание 5. Показание датчика g превышает ПВ. Так как по соседству отсутствуют созданные группы, то создается новая группа (группа №2). Показание датчика h превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик h добавляется в данную группу (группа №2). Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на на датчик h.

Показание 6. Показание датчика e превышает ПВ. Так как по соседству существует группа, то датчик e добавляется в группу №1. Показание датчика f превышает ПВ. Так как рядом находятся 2 группы, то датчик присоединятся к той, где показатель соседнего датчика меньше. Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на датчик h.

Показание 7. Показание датчика i превышает ПВ. Так как рядом находится группа №2, то датчик присоединяется к ней. Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на на датчик h.

Показание 8-11. Центр группы 1 устанавливается на датчик с, а центр группы 2 устанавливается на на датчик h.

Показание 12. Значение тройки датчиков с наименьшей суммой группы 2 упало больше, чем на 5%. Это означает, что найдена вершина объекта и генерируется счет. Всем датчикам в этой группе устанавливается флаг, который запрещает генерировать счет. Центр группы 1 устанавливается на датчик с.

Показание 13. Показание датчика f упало ниже ПВ. Данный датчик отключается. Центр группы 1 устанавливается на датчик с.

Показание 14. Значение тройки датчиков с наименьшей суммой группы 2 упало больше, чем на 5%. Это означает, что найдена вершина объекта и генерируется счет. Всем датчикам в этой группе устанавливается флаг, который запрещает генерировать счет. Показание датчика b упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 15. Показание датчика g упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 16. Показание датчика i упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 17. Показание датчика h упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 18. Показание датчика c упало ниже ПВ. Данный датчик отключается.

Показание 19. Показание датчиков d, e упали ниже ПВ. Данные датчики отключаются.

# 2.5 Описание алгоритма скользящего окна с контролем скорости

При наличии шума или непостоянной скорости движения объектов, стандартные методы фильтрации могут давать неточные результаты.

Один из аналогов алгоритма скользящего окна с контролем может быть применен для решения подобных проблем. Этот алгоритм, основываясь на предположении о непрерывности скорости движения объектов, позволяет более точно определить их скорость и направление движения для корректной работы алгоритма обнаружения объектов.

Алгоритм использует окно заданного размера n, которое перемещается по временному ряду данных. Размер окна n зависит от количества объектов и максимальной скорости, чем больше объекты, тем больше значение n. В каждом положении окна происходит анализ данных для обнаружения объектов, на основе этого происходит оценка их скорости, что определяет размер окна m (1). При заполнении окна m данными вычисляется среднее арифметическое всех столбцов, которое затем используется для обработки алгоритмом поиска объектов.

*(1)*

где j – количество объектов, на основе которых производятся расчеты;

xi – количество детектированных показателей i-го объекта;

k – коэффициент пропорциональности, устанавливается экспериментально по результатам анализа соответствия формы объектов заданному образцу.

Основное преимущество данного алгоритма состоит в том, что он учитывает изменение скорости движения объектов во времени и способен дать более точные результаты при наличии шума или непостоянной скорости. Схема работы изображен на рисунке 5.

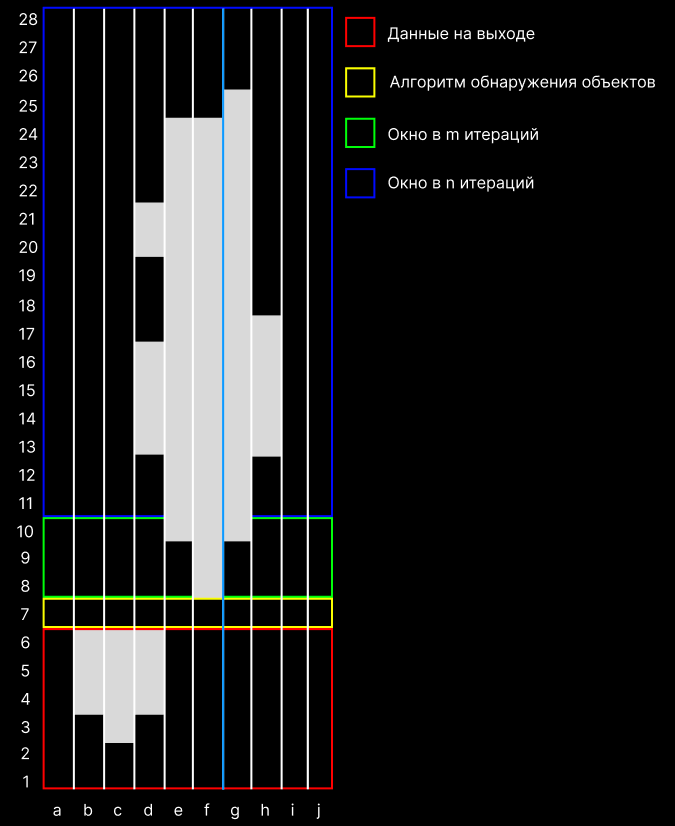


Рисунок 5 – Схема работы алгоритма классификации и скользящего окна

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 6.

Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма

# 2.6 Выводы по разделу

Описанный во втором разделе адаптивный алгоритм предоставляет собой эффективное и надежное решение для обработки непрерывных данных в реальном времени. Исследования показали высокую эффективность и производительность разработанного алгоритма, а также его способность адаптироваться к изменяющимся условиям потока данных. Дальнейшая работа может быть посвящена улучшению и оптимизации алгоритма, а также его применению в различных предметных областях, где обработка потоковых данных играет важную роль.