

Трек 3: Интеллектуальная роботизированная система сортировки товаров

Краткое описание задачи

Перед подачей товаров в автоматизированный сортировщик необходимо отделять позиции, которые могут быть корректно отсортированы, от тех, что не подходят для него по заданным признакам и должны быть направлены в другой поток обработки. Ошибка на этом этапе приводит к сбоям в дальнейшей обработке, заторам, росту ручного труда и браку при перекладке. Поэтому в рамках процесса требуется автоматизированный программно-аппаратный комплекс, который определяет класс товара на подводящем участке и физически направляет его в соответствующий поток обработки.

Ваша задача – разработать такой программно-аппаратный комплекс. Решение должно представлять собой связанный контур, который обеспечивает определение товара на входном участке, отнесение его к одной из заданных категорий и последующую физическую маршрутизацию в соответствующую зону обработки. Способ реализации части определения и классификации товара команда выбирает самостоятельно. Исполнительная часть, обеспечивающая захват, перекладку, перенаправление или иное физическое перемещение товара, является обязательным элементом решения. Глубина проработки решения оценивается по двум независимым осям шкалы готовности (см. соответствующий раздел ниже).

Физический прототип исполнительной части не является обязательным требованием. Полноценным форматом участия считается инженерно проработанное решение, подтвержденное проектными материалами, цифровой моделью, симуляцией, расчетами или их сочетанием. При этом наличие работоспособного физического прототипа или его отдельных функциональных узлов рассматривается как значимое преимущество, повышающее уровень готовности решения.

Полное описание задачи

Цель: разработать программно-аппаратный комплекс, который определяет класс товара на подводящем участке, относит его к одной из заданных категорий и физически направляет в соответствующую зону обработки.

Форма: результатом работы команды должно стать инженерно проработанное решение, включающее часть определения и классификации товара, а также исполнительную часть для его физической маршрутизации.

- Часть определения и классификации представляется в виде реализованного подхода, кода, алгоритмов, моделей или иных средств, выбранных командой.
- Исполнительная часть представляется в виде проектных материалов, цифровой модели, симуляции, расчетного обоснования, а при наличии – также физического прототипа или его функциональных узлов.

Проблематика: ключевая сложность задачи заключается не только в определении класса товара, но и в том, чтобы после этого корректно выполнить его физическое перемещение в нужную зону обработки. Для работоспособности ПАК необходимо согласовать между собой несколько частей одного процесса: обнаружение объекта на входном участке, определение его класса, формирование управляющего воздействия и последующую маршрутизацию или перекладку. Ошибка, задержка или неустойчивая работа на любом из этих этапов снижает ценность всего решения. Поэтому от участников ожидается не отдельный алгоритм и не изолированная механическая концепция, а целостное решение, в котором программная и исполнительная части работают как единый контур.

0. Глоссарий

Термины процесса и оборудования

Сортировочный центр (СЦ) — логистический объект, в котором товары принимаются, обрабатываются и распределяются по направлениям отправки. В задаче рассматривается участок СЦ до основного сортировщика, где выполняется предварительный отбор и маршрутизация товаров.

Сортировщик (основной сортировщик) — автоматизированная система, в которой товары распределяются по 400 направлениям отправки. Технические характеристики сортировщика заданы в постановке трека 2 и в задаче трека 3 принимаются как заданные внешние ограничения.

Конвейерная лента — движущаяся поверхность, по которой товары поступают на участок предварительного отбора и маршрутизации. Поток товаров на ленте — последовательный. Подающий конвейер заканчивается накопителем, из которого товар далее забирается исполнительной частью ПАК.

Накопитель — зона в конце подающего конвейера, в которой товар становится доступен для захвата и дальнейшего перемещения исполнительной частью ПАК.

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) — итоговое решение участника, обеспечивающее определение класса товара на входном участке и его последующую физическую маршрутизацию в одну из заданных зон обработки.

Исполнительная часть — физический механизм комплекса, который на основе результата определения класса товара выполняет его захват из накопителя, перекладку, перенаправление или иное физическое перемещение в соответствующую зону обработки. Может быть реализована в виде роботизированной ячейки, манипулятора, толкателя, селектора, направляющих или иного безопасного механизма.

Термины задачи

Категория товара — одна из трех взаимоисключающих категорий, к которой система относит каждый товар на входном участке:

«Подходит для сортировки» — товар соответствует ограничениям основного сортировщика: его габариты больше минимально допустимых $10 \times 10 \times 10$ мм и меньше максимально допустимых $450 \times 320 \times 320$ мм, а форма не относится к объектам с кругом в сечении.

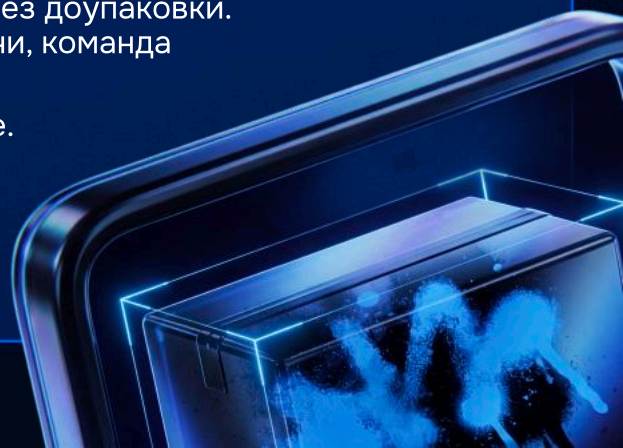
«Не подходит для сортировки по габаритам» — товар не соответствует минимальным или максимальным допустимым габаритам основного сортировщика.

«Не подходит для сортировки без доупаковки» — товар относится к объектам с кругом в сечении и должен быть направлен в отдельный поток обработки перед подачей в основной сортировщик. Формальный критерий отнесения к этой категории задается в разделе «Правила классификации».

Доупаковка — отдельная зона обработки сортировочного центра, в которую направляются товары, не подходящие для сортировки без доупаковки. Сам процесс доупаковки находится за пределами задачи, команда работает только с маршрутизацией товара в эту зону.

Точки A, B, C, D — обозначения участков потока в задаче.

Подробнее в разделе «Контекст и границы задачи».



Термины алгоритмической части и оценки

Машинное зрение (CV, computer vision) — совокупность компьютерных методов, направленных на извлечение информации об объекте по изображению. В рамках задачи может использоваться для определения положения товара, его формы, ориентации, класса и иных признаков, необходимых для дальнейшей обработки.

Алгоритмическая часть — программная часть комплекса, которая выполняет определение признаков товара, его отнесение к одной из заданных категорий и формирование результата, необходимого для работы исполнительной части. Конкретный способ реализации алгоритмической части команда выбирает самостоятельно; он может включать методы машинного зрения, алгоритмы обработки изображений, модели машинного обучения или их сочетание.

Foundation-модели — крупные предобученные нейросетевые модели общего назначения, которые могут использоваться как основа для решения отдельных подзадач в составе алгоритмической части.

Инференс — получение результата алгоритмической или обученной модели по входным данным.

Тестовый набор объектов — набор товаров или их цифровых STL-моделей, предоставляемый организаторами для проверки работы решения. Используется для оценки корректности определения категории товара и для проверки поведения комплекса в симуляции, на цифровой модели или на физическом прототипе.

STL-модели — цифровые трехмерные модели объектов из тестового набора, предназначенные для использования в средах симуляции, цифрового моделирования и виртуальной проверки исполнительной части.

STEP-модели — цифровые трехмерные модели объектов в инженерном формате, предназначенные для использования в CAD- и иных инженерных средах проектирования и моделирования.

Термины оценки

Уровень готовности решения (УГТ) — сводная характеристика зрелости решения, оцениваемая по двум независимым осям: глубина проработки части определения и классификации товара и глубина проработки исполнительной части. Подробное описание шкалы и матрицы соответствия приводится в соответствующем разделе постановления.

Качество определения категории — характеристика, показывающая, насколько корректно решение относит товар к одной из заданных категорий на тестовом наборе объектов или моделей.

1. Контекст и границы задачи

Решение работает на участке сортировочного центра, расположенном перед основным сортировщиком. На этот участок товары поступают по подающему конвейеру, который заканчивается накопителем. Именно из накопителя товар далее должен забираться исполнительной частью ПАК для последующего перемещения в соответствующую зону обработки. Часть товаров может быть направлена в основной сортировщик без дополнительных действий, часть должна быть выведена из потока и направлена в отдельную зону обработки. Без предварительного отбора такие товары попадают в основной сортировщик и вызывают сбои, заторы и ручные доработки.

Что делает проектируемый ПАК на этом участке:

1. Получает товар в зоне накопителя на конце подающего конвейера.
2. Определяет товар и относит его к одной из трех заданных категорий.
3. Формирует управляющее воздействие для исполнительной части.
4. Выполняет захват товара из накопителя и его физическое перемещение в соответствующую зону обработки.

Что находится за границами задачи:

- работа самого основного сортировщика после точки В — это предмет трека 2;
- процесс доупаковки в точке D выполняется отдельной системой и командой не разрабатывается;
- дальнейшая судьба товаров, попавших в накопитель в точке С, находится за пределами задачи;
- распределение товаров по конкретным направлениям основного сортировщика не является предметом данного трека.

Что поступает на вход системы:

На вход ПАК поступают товары, движущиеся по подающему конвейеру и накапливающиеся в накопителе на его конце. Организаторами дополнительно предоставляется набор примерных товаров и их цифровых моделей, используемых для подготовки, отладки и проверки решений. Конкретный способ определения категории товара, а также способ определения его положения и подготовки к физическому воздействию команда выбирает самостоятельно.

Максимально допустимые габариты товаров, поступающих к ПАК по конвейеру: 500 × 500 × 500 мм.

Точки А, В, С, D — обозначения участков потока в задаче:

А — точка подачи: товар поступает на участок ПАК по конвейерной ленте.

В — зона основного сортировщика: туда направляются товары категории «Подходит для сортировки».

С — зона негабаритных товаров: туда направляются товары категории «Не подходит для сортировки по габаритам».

D — зона доупаковки: туда направляются товары категории «Не подходит для сортировки без доупаковки».

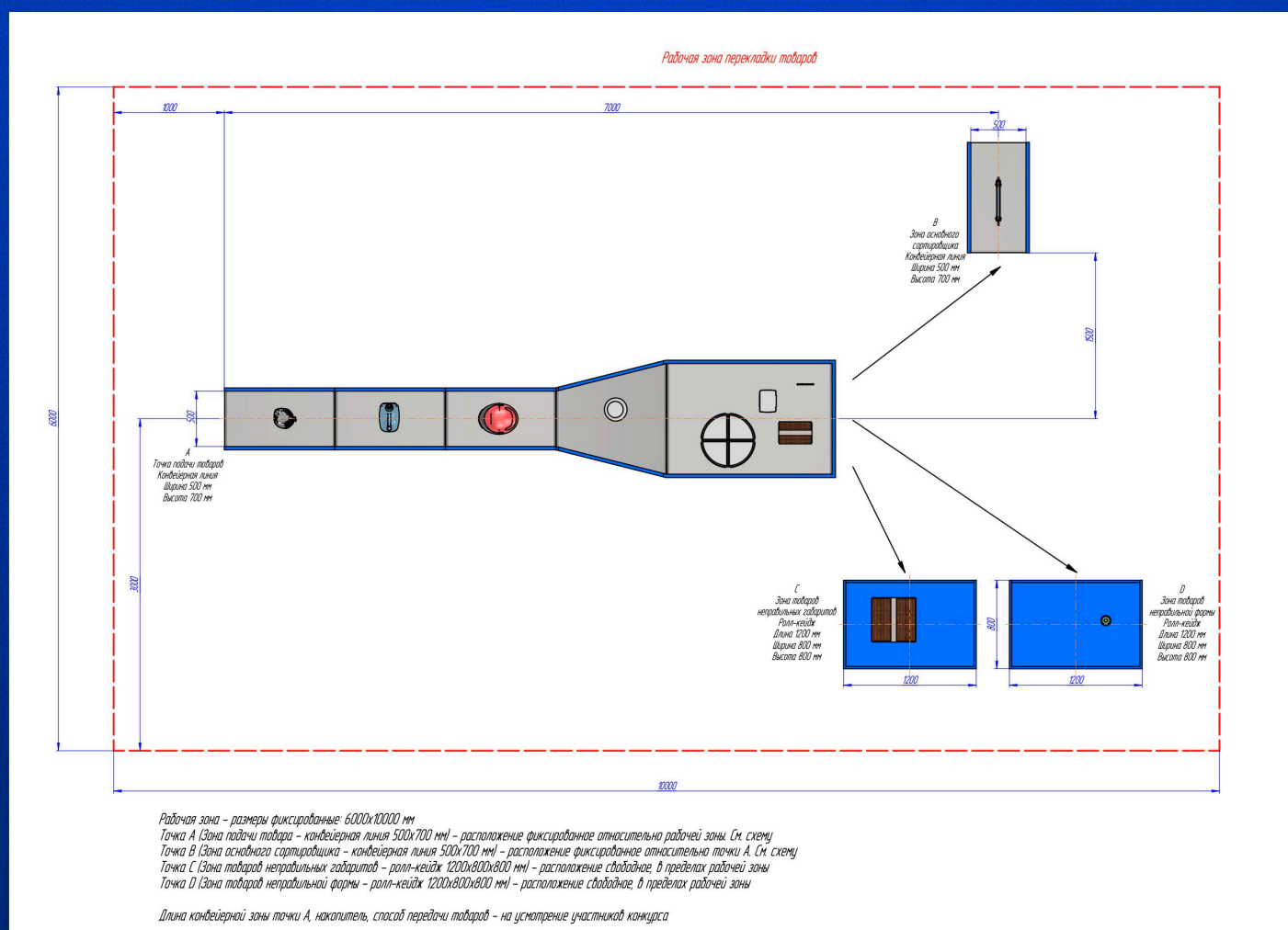
Параметры участка и режим работы:

На текущем этапе зафиксированы следующие параметры:

- товары поступают к ПАК по подающему конвейеру;
- скорость движения конвейера — 1 м/с;
- подающий конвейер заканчивается накопителем, из которого товар должен забираться исполнительной частью ПАК;
- остановка подающего конвейера в базовом сценарии не подразумевается;
- положение подающего конвейера и инфида сортера является фиксированным и не подлежит изменению в составе решения;
- остальные элементы ПАК и зоны вывода товаров могут проектироваться командой в пределах доступной площади, заданной на схеме участка.



Схема площадки с размерами, фиксированными элементами и доступной зоной проектирования является частью условий задачи и должна учитываться командой при разработке решения.



Файл схемы также будет представлен отдельно на платформе.

2. Правила классификации

В рамках задачи каждый товар, поступающий на участок ПАК, должен быть отнесен ровно к одной из трех категорий. Классификация выполняется для того, чтобы определить, может ли товар быть передан в основной сортировщик без дополнительных действий, должен ли он быть выведен из потока из-за несоответствия габаритам, либо должен быть направлен в отдельную зону доупаковки.

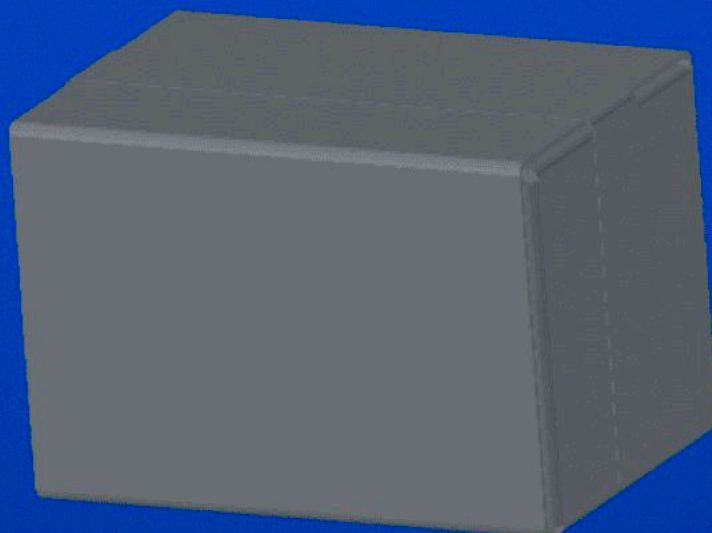
Категории являются взаимоисключающими: один и тот же товар в рамках одного прохода по системе может быть отнесен только к одной категории.

Категория «Подходит для сортировки»

К этой категории относятся товары, которые одновременно удовлетворяют следующим условиям:

- габариты товара больше минимально допустимых: 10 × 10 × 10 мм;
- габариты товара меньше максимально допустимых: 450 × 320 × 320 мм;
- товар не относится к объектам с кругом в любом сечении.

Такие товары направляются в зону основного сортировщика.

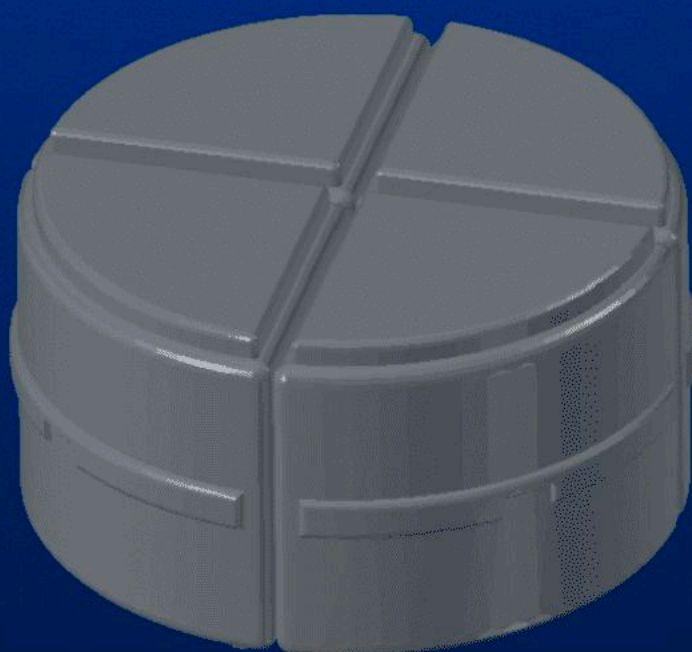


Категория «Не подходит для сортировки по габаритам»

К этой категории относятся товары, которые не соответствуют допустимым габаритным ограничениям основного сортировщика, а именно:

- имеют размеры меньше минимально допустимых: 10 × 10 × 10 мм;
- или имеют размеры больше максимально допустимых: 450 × 320 × 320 мм.

Такие товары не должны направляться в основной сортировщик и выводятся в соответствующую зону обработки, предусмотренную схемой участка.



Категория «Не подходит для сортировки без доупаковки»

К этой категории относятся товары, которые по габаритам могут соответствовать ограничениям основного сортировщика, но относятся к объектам с кругом в сечении и поэтому не должны подаваться в основной сортировщик без дополнительной подготовки.

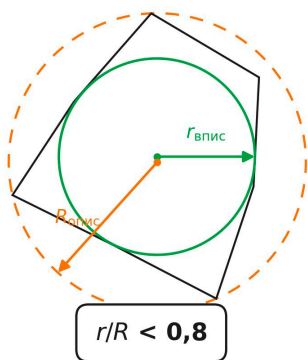


Такие товары направляются в соответствующую зону обработки, предусмотренную схемой участка для товаров, не подходящих для сортировки без доупаковки.

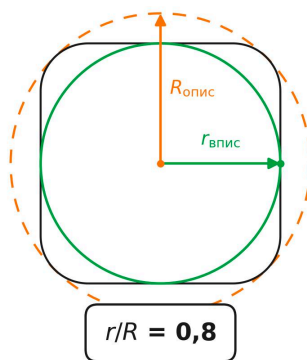
Формальный критерий отнесения товара к объектам с кругом в любом из сечений объекта задается через коэффициент сравнения радиусов вписанной и описанной окружности, равный 0,8.

$$K = \frac{r_{\text{впис}}}{R_{\text{опис}}} = 0,8$$

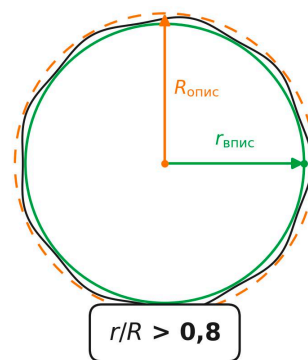
Порог $K = 0,8$. К круглым относится объект при $r_{\text{впис}}/R_{\text{опис}} > K$



Не относится к объектам
с кругом в сечении



Не относится к объектам
с кругом в сечении



Относится к объектам
с кругом в сечении

Критерий «круг в сечении»

Общий порядок принятия решения

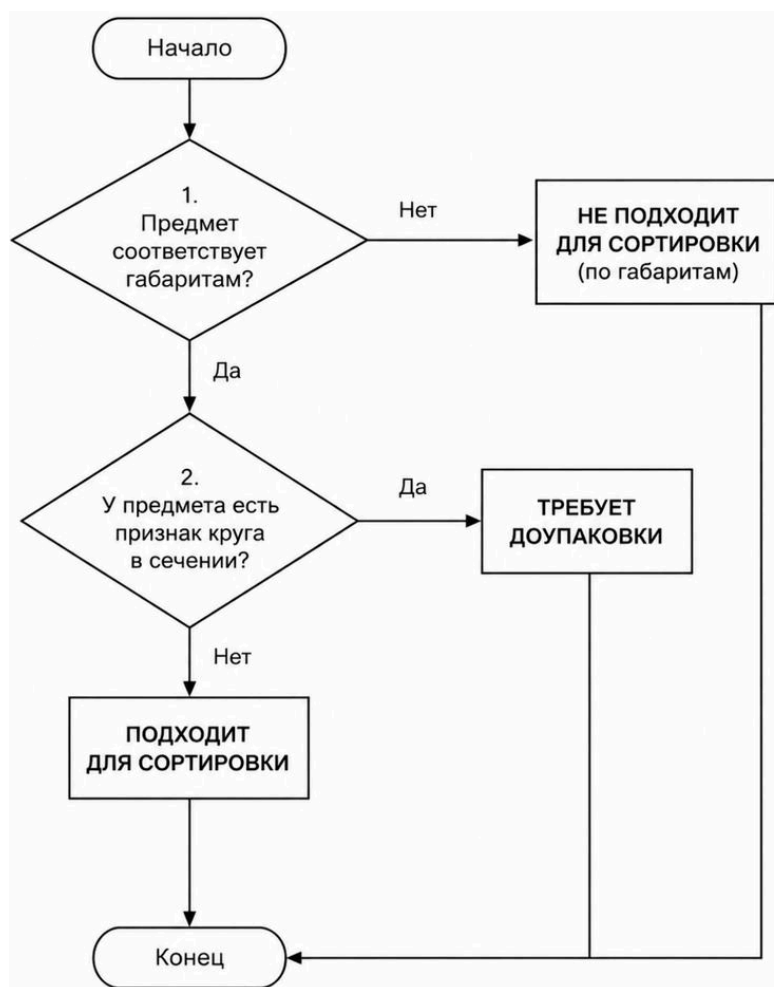
Классификация товара выполняется в следующем порядке:

1. Сначала проверяется соответствие товара допустимым габаритам основного сортировщика.
2. Если товар не проходит по габаритам, он относится к категории «Не подходит для сортировки по габаритам».
3. Если товар проходит по габаритам, далее проверяется, относится ли он к объектам с кругом в сечении.
4. Если товар относится к объектам с кругом в любом из сечений, он относится к категории «Не подходит для сортировки без доупаковки».
5. Если товар проходит обе проверки, он относится к категории «Подходит для сортировки».

Таким образом, проверка строится от более жесткого ограничения по габаритам к последующей проверке формы.

Приоритет правил классификации

Если товар одновременно попадает под несколько условий, решение принимается по следующему приоритету:



Это означает, что товар, имеющий круг в сечении и одновременно выходящий за допустимые габариты, относится к категории «Не подходит для сортировки по габаритам».

3. Уровень готовности решения

Для оценки зрелости решений в треке используется логика уровней готовности, опирающаяся на международную шкалу TRL (Technology Readiness Levels) и ее российский аналог УГТ (ГОСТ Р 58048-2017). Классическая шкала из 9 уровней охватывает весь жизненный цикл технологии и в рамках хакатона является избыточной. Поэтому в треке используется адаптированная шкала, рассчитанная на реалистичный для соревнования диапазон зрелости.

Две оси готовности

Решения в треке оцениваются по двум независимым осям. Это отражает структуру задачи: решение должно включать как часть определения и классификации товара, так и исполнительную часть, обеспечивающую его физическую маршрутизацию.

Ось 1. Глубина проработки части определения и классификации товара

Отражает зрелость подхода, с помощью которого система определяет товар на входном участке, относит его к одной из заданных категорий и подтверждает корректность своей работы на тестовом наборе объектов или моделей.

Уровень 1. Базовый прототип

Реализован базовый рабочий контур, позволяющий относить товар к одной из трех категорий. Команда показывает минимально работоспособный подход, описывает его логику и демонстрирует базовую проверку на собственных примерах или на части тестового набора.

Уровень 2. Полноценное решение

Команда обоснованно описывает выбранный подход к определению категории товара, демонстрирует его работу на тестовом наборе объектов или моделей и показывает, что решение устойчиво обрабатывает три заданные категории в типовом режиме.

Уровень 3. Глубокая проработка

Решение демонстрирует проработку сложных и пограничных случаев, обоснованную обработку неоднозначных ситуаций, анализ ошибок и работу с дополнительными признаками, если они используются в выбранном подходе. Команда показывает, что логика определения категории не является формальной заглушкой, а действительно проработана как часть ПАК.

Уровень 4. Зрелое подтвержденное решение

Часть определения и классификации товара демонстрирует устойчивую и воспроизводимую работу на тестовом наборе объектов или моделей, сопровождается анализом качества, ограничений и пограничных случаев и подтверждена в составе целостного решения, связанного с исполнительной частью.

Ось 2. Глубина проработки исполнительной части

Отражает зрелость инженерной концепции захвата товара из накопителя, его физического перемещения и маршрутизации, а также степень подтверждения работоспособности такого решения.

Уровень 1. Концепция

Представлено описание принципа работы исполнительной части, общая схема маршрутизации товара между точками А, В, С и D и описание выбранного типа механизма.

Уровень 2. Базовая инженерная проработка

Показана компоновка участка перекладки, описаны ключевые узлы и логика их работы, приведены первичные расчеты, а также описано, каким образом результат определения категории товара передается в исполнительную часть.

Уровень 3. Детализированный проект

Представлены 3D-модель ячейки или участка перекладки, чертежи или кинематические схемы, спецификация узлов, расчеты или симуляция работы под заданные условия, а также проработка нештатных ситуаций, связанных с захватом, перекладкой, задержками или ошибками обработки.

Уровень 4. Зрелое подтвержденное решение

Исполнительная часть подтверждена либо валидированной цифровой моделью / симуляцией, сопоставленной с расчетами, либо работоспособным физическим прототипом ячейки или ее ключевых функциональных узлов, демонстрирующим заявленные характеристики на реальных или сопоставимых с реальными товарах.

Как уровни связываются с итоговой оценкой

Команда получает уровень по каждой оси независимо. Итоговая оценка по критерию «Уровень готовности решения» формируется с учетом обеих осей.

Итоговый балл по критерию «Уровень готовности решения» определяется по матрице соответствия на пересечении уровней по обеим осям. Максимальный балл – 20.

При построении матрицы учитывается, что в рамках данной задачи особую значимость имеет не только корректность определения категории товара, но и наличие проработанной исполнительной части, обеспечивающей захват, перекладку, перенаправление или иное физическое перемещение товара. Поэтому более высокий уровень проработки исполнительной части оказывает на итоговый балл не меньший, а в ряде сочетаний – больший эффект, чем аналогичный рост только по оси определения и классификации.

	Исполн. 1 Концепция	Исполн. 2 Базовая проработка	Исполн. 3 Детализированный проект	Исполн. 4 Валидированная модель / прототип
CV 1. Базовый прототип	2	4	6	8
CV 2. Полноценное решение	3	6	9	12
CV 3. Глубокая проработка	4	8	12	17
CV 4. Зрелое валидированное решение	5	10	15	20

4. Вид результата и состав итогового решения

Итоговое решение – это связанный проект программно-аппаратного комплекса, объединяющий часть определения и классификации товара и исполнительную часть, обеспечивающую его физическую маршрутизацию в одну из трех зон обработки.

Обязательный состав сдачи:

- описание реализованного подхода к определению и классификации товара;
- исходный код алгоритмической части, а также иные материалы, необходимые для проверки ее работы;
- проектные материалы по исполнительной части: схема компоновки участка перекладки, описание ключевых узлов и логики их работы, описание принципа маршрутизации товара между точками А, В, С и D;
- цифровая модель, симуляция или расчетное обоснование исполнительной части, подтверждающее ее работоспособность в условиях задачи;
- описание связи между частью определения и классификации товара и исполнительной частью: каким образом результат определения категории преобразуется в управляющий сигнал, какие ограничения по темпу работы и геометрии участка учтены;
- итоговый отчет команды, оформленный в соответствии с требованиями раздела про УГТ и техническим разделом;
- видеодемонстрация работы решения.

Дополнительные материалы, повышающие глубину проработки решения (по выбору команды):

- расширенные проектные материалы по исполнительной части: 3D-модели, чертежи, кинематические схемы, спецификации узлов, описание алгоритмов управления;
- результаты дополнительных проверок и экспериментов по части определения и классификации товара, включая анализ ошибок, устойчивость на тестовых объектах и разбор пограничных случаев;
- физический прототип исполнительной части или ее отдельных функциональных узлов с демонстрацией работы;
- сценарии и тестовые примеры, демонстрирующие поведение системы в пограничных и нестандартных случаях.

Конкретный набор дополнительных материалов команда выбирает самостоятельно исходя из специфики своего решения; их полнота и качество учитываются при оценке через шкалу УГТ.

Размещение и проверка симулятивных и цифровых решений

Цифровые модели, симуляции и иные программные артефакты разворачиваются на серверной среде организаторов с установленным перечнем допустимого ПО. Эксперты получают доступ к развернутому решению и проверяют его в рабочем режиме: запускают симуляцию, изменяют входные параметры и оценивают поведение системы в заданных сценариях.

Для этого команда обязана предоставить:

- инструкцию по запуску решения с указанием версий ПО, зависимостей и порядка действий;
- описание необходимой среды развертывания, включая требования к ресурсам;
- описание входных параметров, которыми может управлять эксперт при проверке;
- описание сценариев, на которых решение можно проверить.

5. Фиксация работы в отчете

Проработка обеих частей решения должна быть зафиксирована в итоговом отчете команды. Отчет является основным документом, по которому жюри понимает выбранный подход, проведенную работу и фактически достигнутый уровень готовности по каждой оси.

В разделе отчета по части определения и классификации товара кратко описываются: исходные данные и работа с ними, выбранный подход и его обоснование, логика определения категории товара, проведенные проверки и их результаты, разбор ошибок и пограничных случаев, ограничения и направления развития решения.

В разделе отчета по исполнительной части кратко описываются: принцип работы участка перекладки, состав и логика ключевых узлов, расчеты и обоснование производительности, проведенные проверки на цифровой модели или симуляции, проработка нештатных сценариев, инженерные ограничения предложенного решения. При наличии физического прототипа — описание его состава, режимов работы и подтвержденных характеристик.

Связь между частью определения и классификации товара и исполнительной частью описывается отдельно: каким образом результат определения категории преобразуется в управляющий сигнал, какие ограничения накладывает темп ленты и геометрия участка перекладки, как обрабатываются неоднозначные случаи. Без описания этой связи решение оценивается как два изолированных компонента, а не как программно-аппаратный комплекс.

6. Текущие подходы, справочная информация и рекомендации по представлению решения

Этот раздел носит справочный характер. Он дает погружение в предметную область и описывает подходы, типичные для подобных задач в реальных автоматизированных сортировочных системах. Информация в нем не накладывает дополнительных требований к решению — команда вольна выбрать любой подход.

Машинное зрение на конвейере

В промышленной практике системы зрения на конвейере обычно решают одну из трех задач: классификацию (отнесение объекта к категории), детекцию (поиск объекта и его границ на изображении) или сегментацию (попиксельное разделение объекта и фона). Для задачи отнесения товара к одной из трех категорий применима классификация в чистом виде, но более распространенная схема — это двухступенчатый пайплайн: сначала детекция или сегментация для локализации товара на ленте и извлечения его границ, затем классификатор поверх вырезанной области.

Это связано с тем, что в реальной системе один кадр почти никогда не содержит ровно один товар по центру — товары могут идти с разным интервалом, в разных ориентациях, частично друг за другом. Локализация объекта в кадре становится отдельной задачей, без которой классификатор будет работать на шуме.

Распространенные семейства подходов:

- **Классические нейросетевые классификаторы** (ResNet, EfficientNet, ConvNeXt) — простой и быстрый базовый вариант для одного товара в кадре;
- **Двухступенчатый пайплайн с детекцией** (YOLO, RT-DETR, RF-DETR) и последующей классификацией — стандартное решение в промышленных конвейерных системах;
- **Мультимодальные модели** (CLIP, SigLIP, DINOv2) — хороши для нестандартных категорий и при ограниченном датасете, позволяют использовать текстовые описания категорий или эмбединги без обучения с нуля;
- **Классические методы машинного зрения** (контурный анализ, морфология, цветовая сегментация) — могут давать сильные результаты в стабильных условиях съемки и для геометрических признаков (габариты, соотношение сторон) без необходимости в нейросетях.

Геометрические признаки товара (размеры, соотношение сторон, ориентация) в производственных системах часто извлекаются отдельным алгоритмом машинного зрения по калиброванной камере. Зная высоту установки камеры и параметры объектива, можно по 2D-изображению с приемлемой точностью оценить реальные габариты объекта на плоскости ленты.

Дополнительная задача, часто встречающаяся в подобных системах – **распознавание штрихкодов**. Это самостоятельная подзадача, и для нее есть готовые решения (pyzbar, ZXing и аналогичные библиотеки), которые могут существенно сократить время на эту часть.

Исполнительная часть на конвейере

В промышленных системах для перенаправления товара между потоками применяются разные классы механизмов, каждый со своими сильными и слабыми сторонами:

- **Поперечные толкатели и сбрасыватели** — простой и дешевый вариант, подходит для коробок и устойчивых форм; плохо работает с цилиндрическими и хрупкими товарами;
- **Поворотные лотки и шиберы** — позволяют направить товар в одну из нескольких смежных зон без контакта руки или захвата, подходят для широкого спектра форм;
- **Управляемые направляющие и роликовые столы** — мягко перенаправляют поток без резких воздействий, хороши для деликатных товаров;
- **Роботизированные ячейки с манипулятором и захватным устройством** — самый гибкий и универсальный вариант, способный работать с разнородным потоком, но требующий проработки безопасности и обладающий ограниченной скоростью на единицу;
- **Селекторы пневматического или вакуумного типа** — точно «снимают» нужные товары с ленты, хороши для разреженных потоков с редкими товарами специальной категории.

Выбор механизма обычно опирается на четыре фактора: ожидаемый темп потока, разнообразие форм товаров, требования к мягкости обращения с товаром (есть ли среди них хрупкие или ценные) и доступная площадь под участок.

Связка алгоритмической части и исполнительной части

Главный нетривиальный вопрос на стыке двух частей — **синхронизация по времени**. CV-часть выдает решение не мгновенно: между моментом, когда товар попадает в кадр, и моментом, когда исполнительная часть получает команду, проходит время на инференс модели, сетевую передачу и реакцию контроллера. За это время товар на ленте уже сместился. В реальных системах это закрывают одним из двух способов: либо ML-часть работает с опережением (товар классифицируется заранее, до точки сброса), либо лента имеет известную скорость, и контроллер исполнительной части пересчитывает положение товара к моменту приема команды.

Второй характерный аспект — **обработка неоднозначных случаев**. Реальные системы не всегда могут уверенно отнести товар к одной категории, и в индустрии обычно есть отдельный поток на повторный прогон или ручной разбор: товары с низкой уверенностью классификатора отправляются в выделенную зону, а не в одну из основных. Это снижает риск каскадных ошибок дальше по цепочке.

Третий — **накопление ошибок и контроль качества**. В промышленных системах ведется метрика «корректность маршрутизации» на длинных горизонтах работы, а не только на отдельных кадрах. Это позволяет вовремя замечать дрейф модели и проблемы датчиков.

Рекомендуемый порядок работы команды

Это не требование к процессу разработки, а наблюдение из практики.

- Сначала собирают минимальный сквозной прототип от входного изображения до условного управляющего сигнала – даже с самой простой моделью и упрощенной механикой. Это позволяет проверить, что весь контур работает.
- Затем последовательно углубляют каждую часть: улучшают модель, прорабатывают механику, добавляют обработку нештатных случаев.
- В последнюю очередь – полировка (визуализация, оформление, видео).

Этот подход устойчивее, чем последовательная глубокая проработка сначала одной части, потом другой – потому что часто на стыке двух частей возникают неожиданные ограничения, и обнаруживать их лучше как можно раньше.

Технические требования к решению и его презентации

Общие требования

Формат решения.

Программно-аппаратный комплекс, оформленный как комплект материалов по обеим частям решения – части определения и классификации товара и исполнительной части – в соответствии с требованиями раздела про состав решения. Глубина проработки и форма подтверждения работоспособности оцениваются через шкалу уровней готовности.

Подход к реализации.

На усмотрение команды. Команда самостоятельно выбирает подход к определению и классификации товара, тип механизма перекладки, инструменты проектирования и среды симуляции. Обзор подходов, существующих в индустрии, и примеры подходящих инструментов приведены в справочном разделе выше.

Использование ПО.

Допускается использование как открытого, так и проприетарного программного обеспечения, а также собственных инструментов команды. Все использованные инструменты, библиотеки, модели и сервисы должны быть указаны в отчете. Допускается использование как локальных, так и облачных вычислений, если это явно отражено в составе решения и не мешает его проверке.

Требования к проверяемости решения

Проверка представленных решений может выполняться через:

- живую демонстрацию;
- видеодемонстрацию;
- показ симуляции или цифровой модели;
- демонстрацию работы на тестовом наборе объектов, цифровых моделей и расчетных материалов;
- комбинацию перечисленных форматов.

Дополнительно проверка может выполняться в подготовленной серверной средес установленным перечнем допустимого программного обеспечения.

Часть определения и классификации товара оценивается по материалам команды, по демонстрации работы на тестовом наборе объектов или моделей, а также, при необходимости, через развертывание решения в серверной среде и проверку его работы на дополнительных кейсах.

Исполнительная часть оценивается через развертывание ее цифровой модели или симуляции в серверной среде и через изучение проектных материалов; при наличии физического прототипа — также через видеодемонстрацию или очную демонстрацию его работы.

Видеодемонстрация является обязательной частью представления результата. Ее содержание адаптируется под характер решения:

- если в решении есть симуляция, цифровая модель или физический прототип — демонстрируется их работа;
- если решение представлено преимущественно проектными материалами без действующих моделей — демонстрация выполняется в формате разбора проекта команды, в котором последовательно проходят по ключевым материалам и объясняют устройство и принцип работы.

Допустимо сочетание форматов.

Важно, чтобы жюри могло проверить:

- как система определяет категорию товара;
- как обрабатываются три заданные категории;
- как результат определения категории передается в исполнительную часть;
- каким образом реализуется дальнейшая перекладка или перенаправление товара;
- как решение работает на тестовом наборе объектов или моделей;
- как решение учитывает временные ограничения, включая темп ленты, реакцию исполнительной части и cycle time комплекса;
- как система ведет себя в пограничных и нестандартных ситуациях.

Размещение материалов

Центральной точкой сдачи решения является GitHub-репозиторий команды. В нем размещается README.md — единый сводный документ, из которого доступны все остальные материалы решения: описание состава решения, навигация по разделам, инструкции по запуску, ссылки на материалы в облачном хранилище и пояснения по структуре репозитория.

В GitHub-репозитории размещаются:

- README.md как корневой документ;
- итоговый отчет по решению;
- презентация для защиты;
- исходный код части определения и классификации товара, конфигурации, скрипты и иные текстовые материалы реализации;
- исходный код алгоритмов управления исполнительной частью, если команда реализует их самостоятельно;
- файлы симуляции, цифровых моделей и сопутствующие скрипты;
- инструкции по запуску и проверке решения в серверной среде с указанием версий ПО, зависимостей и порядка действий;
- описание структуры решения с указанием, какие материалы относятся к части определения и классификации товара, какие — к исполнительной части, а какие — к их связке и сценариям проверки.

В облачном хранилище, предоставленном организаторами, размещаются объемные бинарные материалы, которые нецелесообразно хранить в репозитории:

- модели, веса, крупные бинарные артефакты и иные файлы алгоритмической части, если они используются в решении;
- собственные датасеты, тестовые наборы или иные дополнительные материалы команды, если они применялись;
- CAD-файлы, 3D-модели, чертежи в исходных инженерных форматах;
- файлы проектов в специализированном инженерном ПО;
- видеодемонстрация в полной версии;
- иные крупные бинарные артефакты решения.

Все прямые ссылки на материалы в облачном хранилище должны быть собраны в README.md с пояснением, что именно находится по каждой ссылке. Структура размещения материалов в облачном хранилище должна позволять экспертам ориентироваться без дополнительных уточнений со стороны команды.

Если для запуска решения нужны специальные зависимости, лицензии, модели, веса, дополнительные файлы или нестандартная настройка окружения, это должно быть явно описано в README.md с указанием источников, версий и порядка установки.

Презентация решения

Формат: живая демонстрация, видеодемонстрация или их сочетание.

Команда должна показать не только итоговую концепцию, но и то, как решение подтверждается на практике: через результаты классификации, цифровую модель исполнительской части, симуляцию работы ячейки, расчетное обоснование, проектные материалы, а при наличии — и через физический прототип или его отдельные функциональные узлы.

Ограничение по времени: общая длительность презентации, включая демонстрацию, — не более 7 минут.

Рекомендуемая структура презентации:

- о команде;
- постановка задачи и ваш подход к ее решению;
- логика классификации товаров;
- схема маршрутизации по точкам A/B/C/D;
- исполнительная часть и способ автоматической перекладки;
- подтверждение работоспособности: метрики, симуляция, расчеты, цифровой прототип;
- используемые инструменты и причины их выбора;
- ограничения решения и идеи дальнейшего развития.

