

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды «Открытия 2030»

Проектно-исследовательская работа на тему:
**«Создание устройства для обучения врановых сбору мусора и его
сортировка при помощи нейросети»**

Автор:

Муцольгов Родион, 9 класс;
МБУ ДО "ДДТ" Детский Технопарк
"Изобретариум", г. Реутов

Руководитель проекта:

Тужилин Андрей Николаевич
Педагог дополнительного образования
МБУ ДО "ДДТ" Детский Технопарк
"Изобретариум", г. Реутов

г. Реутов

2021 г.

Оглавление

1. Введение	3 -
2. Постановка задачи	3 -
3. Обоснование актуальности проекта	4 -
4. Описание методов решения поставленной задачи.....	6 -
5. Пути взаимодействия с воронами	6 -
6. Обучение ворон сбору монет	7 -
6.1. Описание метода обучения ворон сбору монет	7 -
6.2. Разработка устройства для обучения ворон сбору монет	7 -
6.2.1. Прототип №1.....	7 -
6.2.2. Прототип №2.....	9 -
6.2.3. Разработка программного обеспечения для прототипа устройства.....	12 -
6.2.4. Демонстрация стадий обучения ворон.....	12 -
6.3. Выбор территории для установки устройства	12 -
6.3.1. Прикармливание ворон.....	13 -
6.3.2. Установка устройства	13 -
6.4. Итоги обучения ворон сбору монет	14 -
7. Обучение ворон сбору сигаретных окурков	15 -
7.1. Вред сигаретных окурков для природы	15 -
7.2. Описание метода обучения ворон сбору сигаретных окурков	17 -
7.3. Разработка устройств для обучения ворон сбору сигаретных окурков	17 -
7.3.1. Прототип №3.....	18 -
7.3.2. Прототип №4.....	19 -
8. Разработка нейронной сети для сортировки мусора	22 -
8.1. Выбор платформы для нейронной сети.....	22 -
8.2. Выбор фреймворка для обучения и модели обучения	23 -
8.3. Создание Data Set'a	25 -
8.4. Обучение нейронной сети.....	27 -
8.5. Тестирование работы нейронной сети	27 -
9. Вывод и формулировка результатов	28 -
10. Направление дальнейшей работы	28 -
11. Список литературы	29 -

1. Введение

Рядом с человеком живут многие животные, например кошки, собаки, птицы.

Самые умные животные — это крысы, вороны, дельфины, собаки. Вороны распространены почти по всему миру. Они быстро и легко обучаются (в том числе, и друг от друга). Врановые селятся рядом с населёнными пунктами. Человек, считает их вредителями, потому что они съедают урожай, разносят мусор по территории и т.д. Человек пытается избавиться от них, как от вредителей. А птицы быстро приспосабливаются ко всем условиям, тогда зачем человеку бороться с врановыми, когда он может их обучать помогать людям.

2. Постановка задачи

Я решил изучить методы обучения ворон. Посмотреть, как эту задачу реализовали другие люди. Сделать прототип устройства, и попробовать с помощью его обучить ворон. Усовершенствовать устройство. Разработать метод для обучения ворон собирать различный мусор, например, сигаретные окурки. Сделать прототип устройства по новому методу, и обучить нейронную сеть для сортировки мусора.

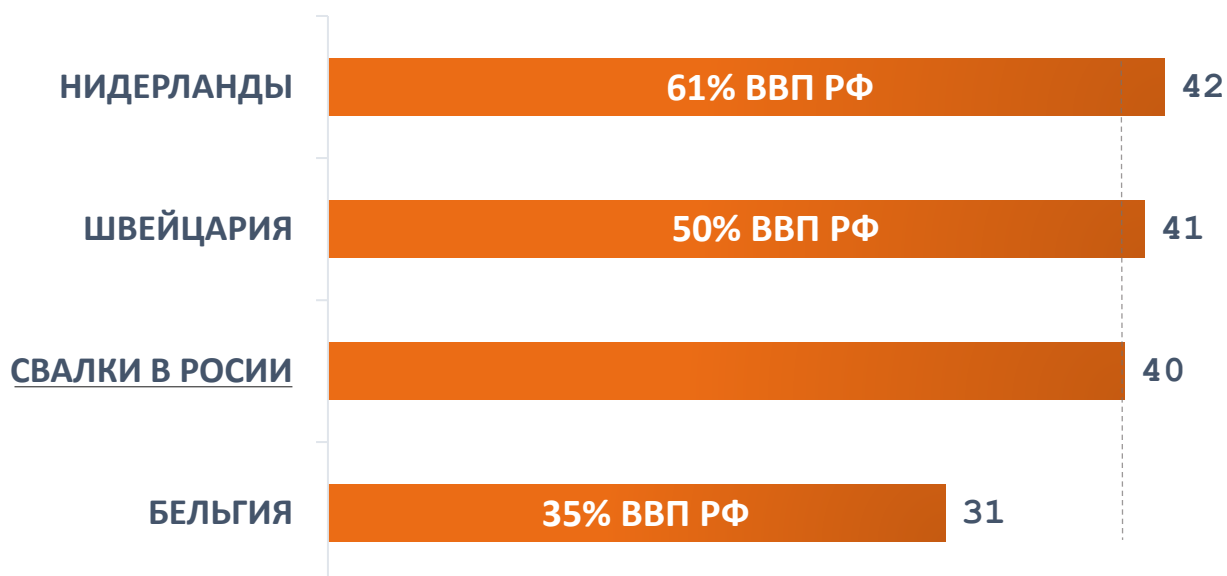
Цель проектно-исследовательской работы – разработать пути взаимодействия людей и ворон.

Исходя из цели проекта были поставлены следующие задачи:

- Изучить как можно взаимодействовать с воронами
- Определить метод обучения ворон
- На его основе провести эксперимент
- Провести анализ эксперимента
- На основе анализа усовершенствовать устройство
- Разработать метод для обучения ворон собирать различные предметы
- Научиться анализировать изображение при помощи нейронной сети
- Разработать новое устройство
- Обучить ворон приносить окурки

3. Обоснование актуальности проекта

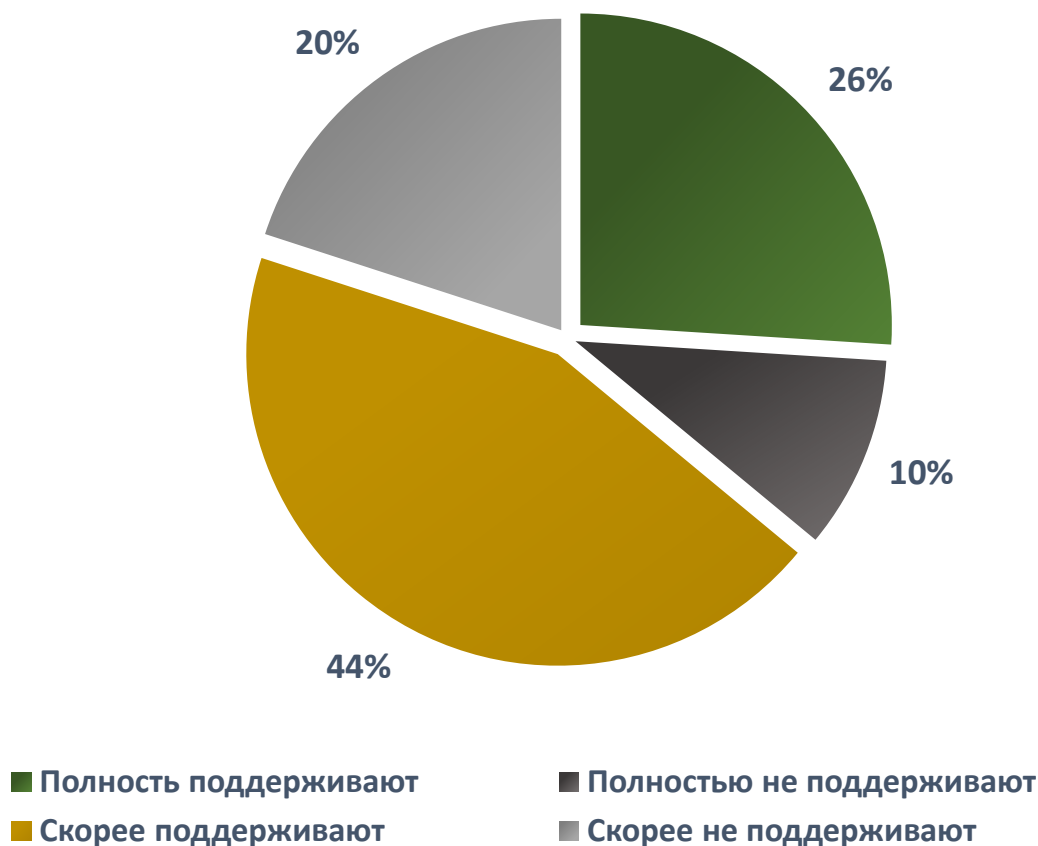
СРАВНЕНИЕ ПЛОЩАДИ СВАЛОК РОССИИ С ПЛОЩАДЯМИ СТРАН (млн га)



Источники: ООН, Росприроднадзор

Площадь всех свалок в России равна 40 миллионам гектар. Для сравнения, площадь Нидерландов 42 миллион гектар, если сравнивать ВВП России и Нидерландов, то ВВП Нидерландов составляет 61% от ВВП России. Это довольно большое число, и если бы в России уменьшили число свалок, при помощи увеличения повторного использования пластика, бумаги, то мы могли бы использовать освободившееся территории рационально, как это делают в Швейцарии, Нидерландах, Бельгии, что сильно увеличило бы показатель ВВП.

ОТНОШЕНИЕ ЛЮДЕЙ К РАЗДЕЛЬНОМУ СБОРУ МУСОРА



Данные с сайта Romir

60% процентов населения России поддерживают отдельный сбор мусора и хорошо к нему относятся. Но меньше половины из них действительно разделяют мусор. 30% процентов населения не поддерживают идею сбора мусора. Получается, что в лучшем случае сортируют мусор только 50% населения, а остальные просто складывают его в один мешок, некоторые просто выбрасывают его в природы, что является очень губительным для неё.

Чтобы собрать весь тот мусор, который люди выбросили в природу, надо приложить очень большие силы и средства, часто таких сил и средство просто нет. Мы можешь сотрудничать с животными, чтобы они помогали нам собирать мусор, а мы взамен будем их кормить. Например, такими животными могут стать вороны.

Привлечение ворон к сбору мусора очень интересная идея, т.к. ворон очень много, и они могут охватывать большие территории. Их можно обучать на сбор совершенно разных предметов. Для того, чтобы обучить ворон в городе собирать мусор, достаточно обучить одну особь, а другие обучатся от неё. И если у нас получится это сделать, то мы сможем решить довольно значимую проблему с мусором. Человеком выбрасывается в природу много различного мусора. Например, сигаретные окурки. Они разлагаются 10 лет, на 98% состоят из пластика, заполненный токсичными смолами, в год их выбрасывается 5.6 триллионов, из них утилизируются только 20%. Следовательно, окурки наносят серьезный вред окружающей среде, а также портят облик парков и городов.

Полученные результаты могут быть использованы в проектно-исследовательской деятельности, такими устройствами можно будет оснастить парки в городе, и врановые будут помогать нам поддерживать город в чистоте.

4. Описание методов решения поставленной задачи

Для достижения цели и выполнения задач данной проектно-исследовательской работы используются следующие методы:

- Теоретический метод: анализ, синтез и обобщение собранной информации;
- Эмпирический метод: получение информации об объекте исследования в т.ч. проведение экспериментов с регистрацией результатов.
- Математические методы: методы статистических данных, методы программирования, метод визуализации данных (функции, графики и т. п.) и др.

5. Пути взаимодействия с воронами

Люди уже давно привлекают птиц для выполнения различных задач. Например, с помощью альбатросов определяют нелегальные суда. Нелегальное рыболовство, очень большая проблема, из-за этого исчезают многие виды рыб. И чтобы этого не допустить нужно быстро определять и арестовывать нелегальные суда. И для этого используют альбатросов. Учёные провели исследование и выяснили, что альбатросы всегда летают рядом с судами, чтобы полакомиться выловленной рыбой. На альбатросов повесили GPS датчики и отслеживали их положение и при обнаружении большого скопления птиц в одном месте проверяли зарегистрировано ли здесь какое-либо судно, если нет, то к судну выезжала морская полиция.

Ещё можно обучать врановых и потому что они очень умные, их можно многому научить.

Например, проект CROWBOX, его создатель – maker из Англии, его имя Joshua Klein. Он обучает врановых собирать монеты.

Есть ещё один проект по обучению врановых. Его делает Hans Forsberg, он обучает сорок приносить металлические крышки от бутылок и у него это хорошо получается.

Я решил принять участие в проекте CROWBOX, т.к. он хорошо развит, но ещё не достиг финальной стадии обучения, и я могу помочь в продвижении этой идеи.

6. Обучение ворон сбору монет

Сначала, я обучу ворон собирать монеты, взяв метод обучения и устройство для обучения из проекта CROWBOX.

6.1. Описание метода обучения ворон сбору монет

Обучение состоит из 4-х стадий:

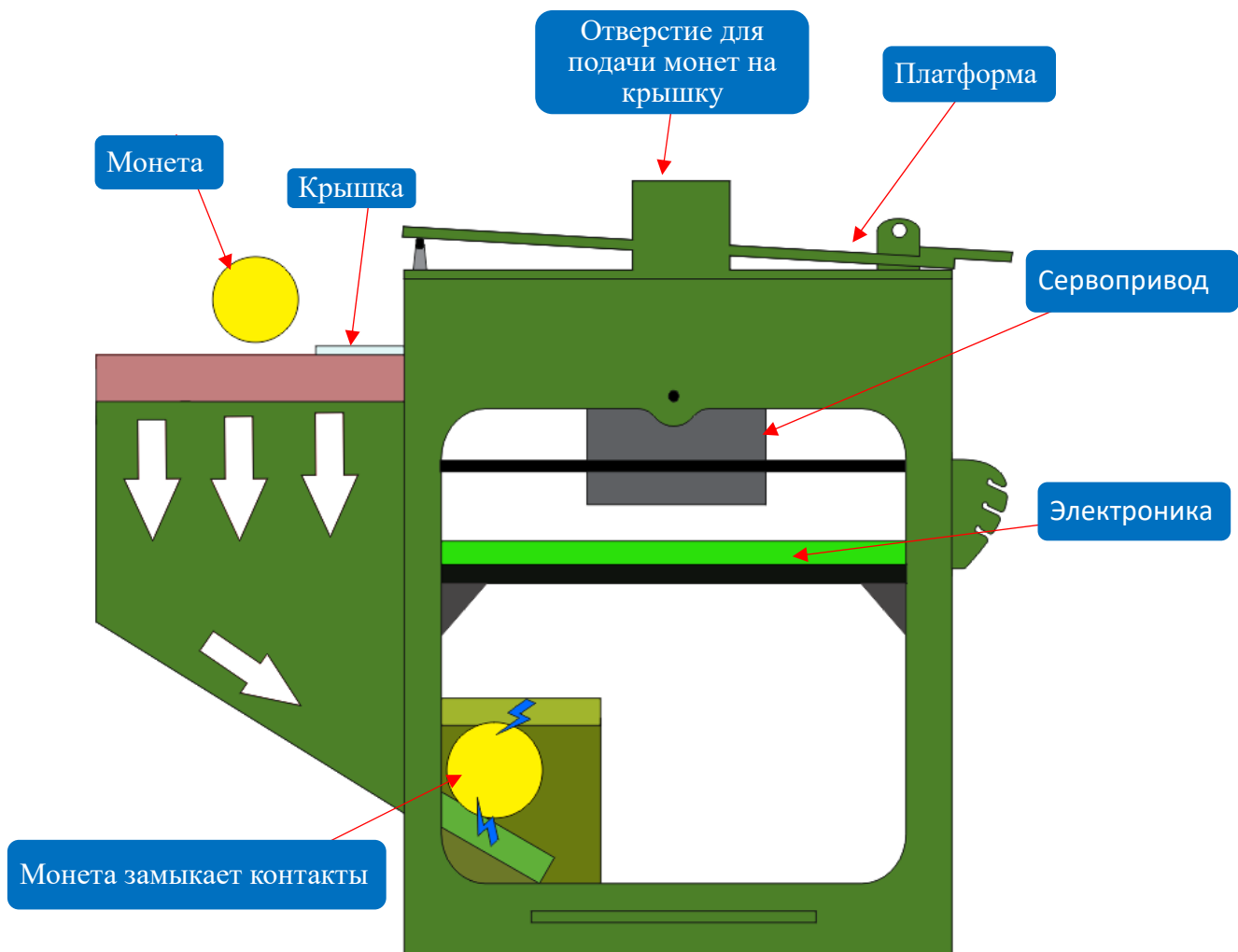
- **1-ая стадия.**
 - Устройство открыто и работает как кормушка. На этой стадии птица привыкает к устройству, и он становится её постоянным источником питания
- **2-ая стадия.**
 - Устройство закрыто и открывается, когда птица садится на него. На этой стадии птица привыкает к звуку открытия крышки устройства, т.к. он очень громкий и сначала врановые его боятся.
- **3-я стадия.**
 - Устройство закрыто, но, когда птица на него садиться оно не открывается. Она начинает суетиться, не понимает почему устройство закрыто и случайно сталкивает монет, лежащие на устройстве в монетоприёмник и устройство открывается. На этой стадии птица понимает, что для открытия устройства она должна столкнуть монеты в монетоприёмники.
- **4-ая стадия.**
 - Устройство закрыто, но монеты уже лежат не на устройства, а на земле, и птица должно догадаться взять их оттуда и отпустить в монетоприёмник. Когда она это делает, мы откладываем монеты всё дальше и дальше, а потом совсем убираем, так она понимает, что монеты надо искать везде. Это финальная стадия обучения.

6.2. Разработка устройства для обучения ворон сбору монет

Сначала я решил воспользоваться наработками CROWBOX, и первый прототип сделал полностью по его чертежам. После проведения эксперимента, я внесу необходимые изменения в устройство по результатам проведенных опытов.

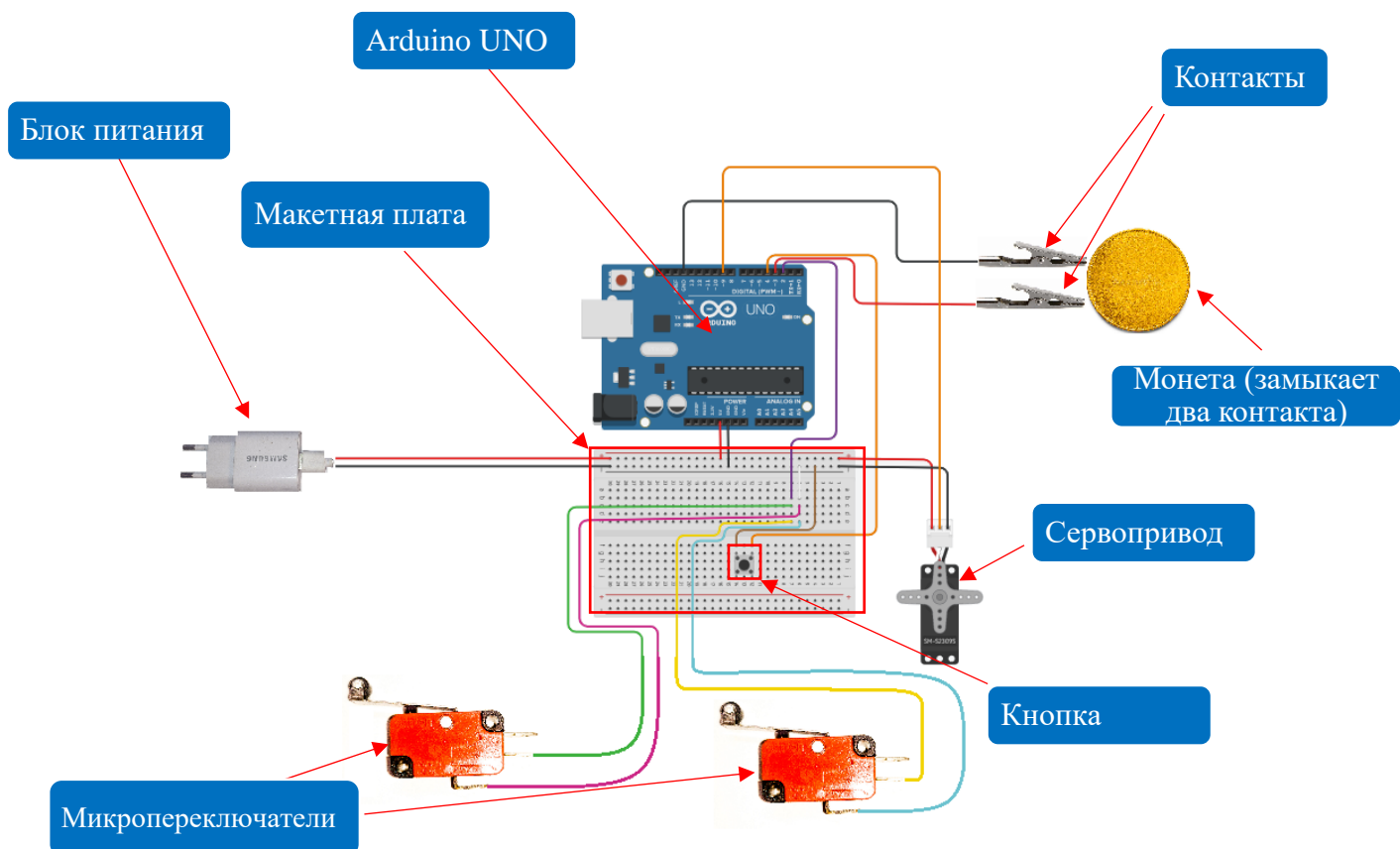
6.2.1. Прототип №1

Схема устройства:



Для изготовления устройства я использовал фанеру (3 мм). На лазерном станке я вырезал детали для сборки устройства. Потом собрал его, и склеил на клей ПВА. А дальше покрасил лаком, чтобы фанера не испортилась из-за дождя. Для питания схемы в данном устройстве я использовал блок питания на 5В 2А, и подключил его к сети 220В, и протянул провода до бокса. В качестве микроконтроллер я выбрал Arduino UNO.

Электрическая схема:



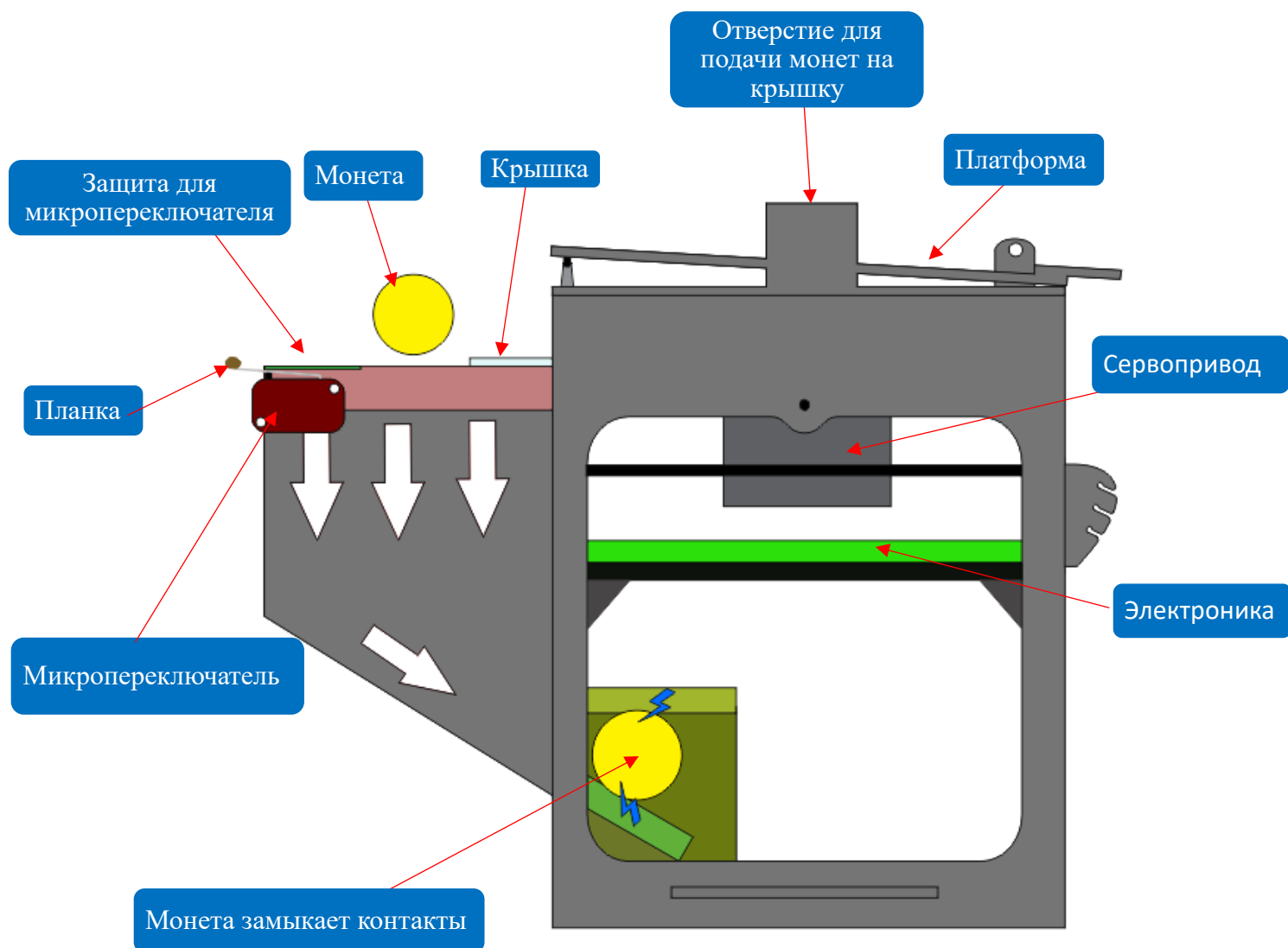
Устройство питалось от блока питания 5В 2А, воткнутого в розетку. Кнопка предназначена для переключения этапов обучения.

- **Плюсы:**
 - Компактность, идеально подходит для небольших врановых.
 - Система определения монет, очень простая и требует всего 2 провода.
- **Минусы:**
 - Слишком маленький, большие врановые не воспринимают его как источник пищи.
 - Врановым не удобно садиться на ровную платформу, т.к. им не за что зацепиться лапами. И они всегда садятся на перед устройства.
 - Устройство выполнено из фанеры, которая при влажной погоде сильно разбухает и устройство расклеивается.
 - Низкая мобильность, из-за того, что устройство питается от блока питания, не может находиться далеко от розетки.
 - При помощи этого устройства врановых можно учить только сбору монет, т.к. приспособить его для других предметов очень сложно.
 - Устройство не герметично и для того, чтобы поместить туда электронику её надо как-то изолировать.

На основе этих результатов, я решил усовершенствовать это устройство и сделать второй прототип.

6.2.2. Прототип №2

Схема устройства:



За основу второго прототипа был взят первый прототип. Но устройство было доработано.

Я взял оргстекло толщиной 3мм. На лазерном станке я вырезал детали для сборки устройства. Потом собрал его, и склеил на клей герметик, чтобы устройство было более устойчиво к дождям и было более герметичным. Потом наклеил матовую-серую плёнку (если я оставил бы устройство “прозрачным” неизвестно было бы, как на него отреагируют птицы). В это устройство я установил Power Bank, и теперь устройство не питается от сети. Это позволило установить устройство в любом месте, т.к. ему не нужна розетка.

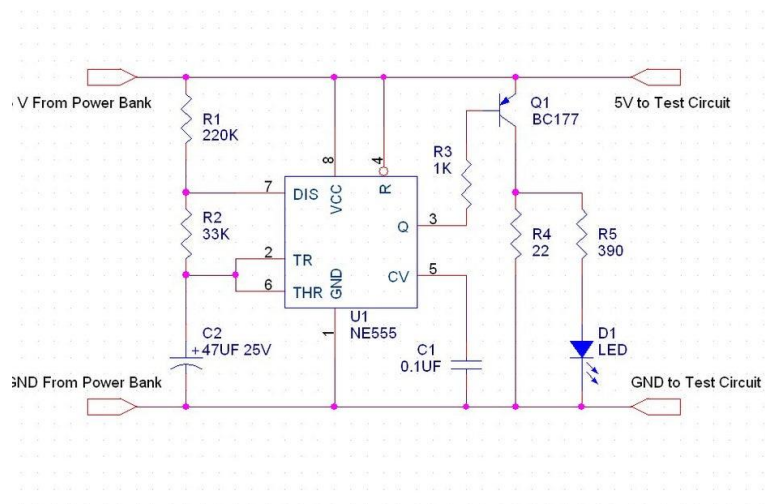
Была добавлена планка на микропереключателях спереди, чтобы врановые могли садиться на устройство спереди, и оно открывалось. В избежание попадания влаги в микропереключатели во время дождя, была установлена защита от воды над ними.

Мною была использована схема генератора импульсов на основе микросхемы 555. Поскольку Power Bank предназначены в первую очередь для зарядки мобильных телефонов, они обладают определенными встроенными функциями, которые защищают их от поломки. Power Bank выключается, если выходной ток падает ниже установленного порога. Как это работает: внутренняя схема непрерывно опрашивает выходной ток в течение 12-15 секунд и отключается, если значение ниже порогового значения. Простой

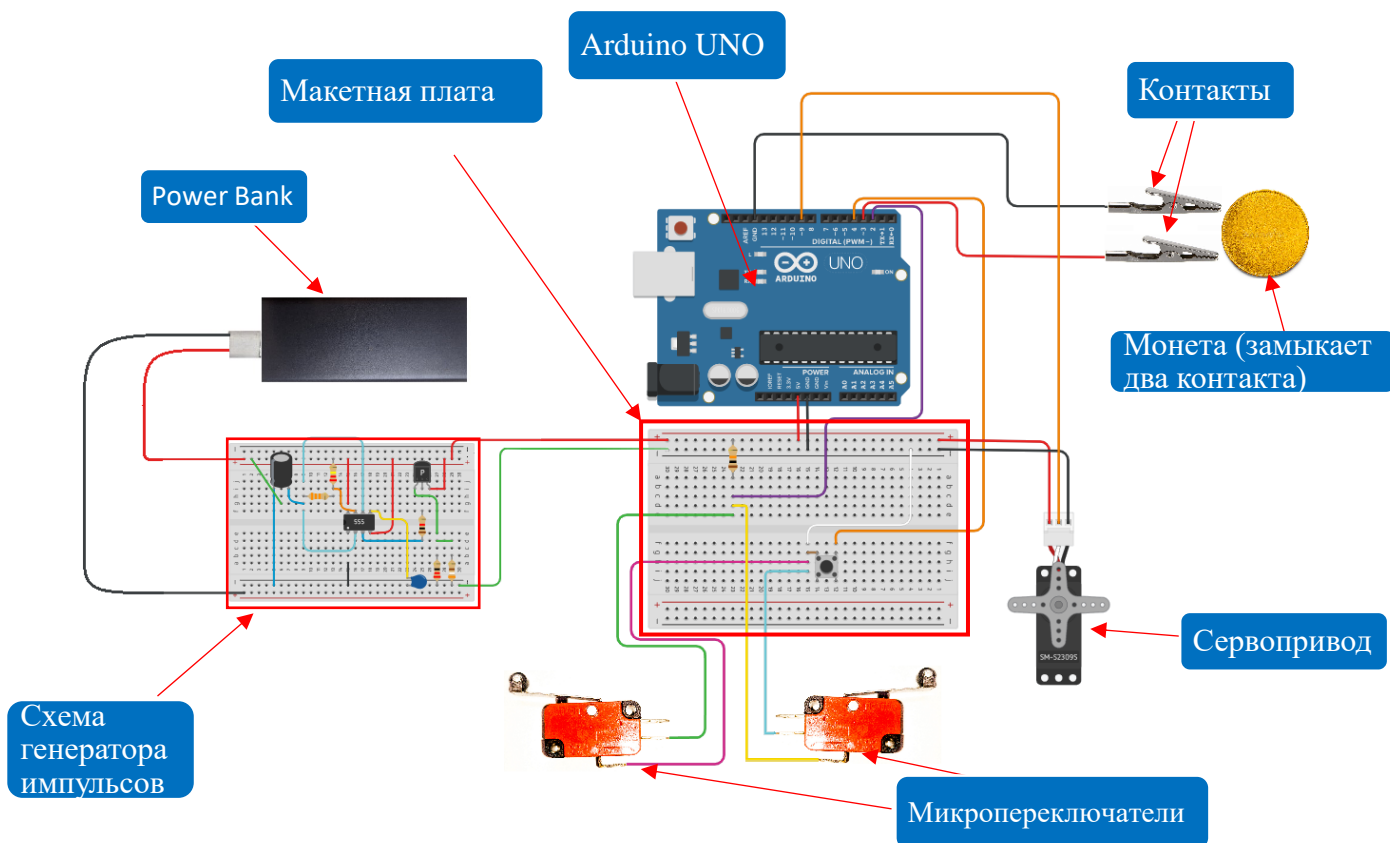
способ преодолеть это состоял бы в том, чтобы постоянно подключать резистор через выход блока питания. Это очень неэффективно и приведет к ненужной утечке энергии.

Моя схема генерирует импульсный ток нагрузки 150 мА примерно в течение одной секунды каждые 10 секунд. Это удовлетворяет требованиям к чувствительности схем в Power Bank, эффективно снижая расход энергии.

Электрическая схема генератора импульсов:



Электрическая схема:



Питание от Power Bank на 10.000 mah.

Так же я добавил PULL-UP резистор на контакты микропереключателей. PULL-UP резистор используется, чтобы сделать состояние по умолчанию цифрового вывода высоким, то есть High.

- **Плюсы:**

- Компактность, идеально подходит для небольших врановых.
- Система определения монет, очень простая и требует всего 2 провода.
- Имеется планка спереди устройства и теперь врановые садятся на неё хватаясь лапами.
- Устройство выполнено из оргстекла и ему нестрашны любые погодные условия.
- Высокая мобильность, в схему устройства был добавлен Power Bank и теперь его можно ставить в любое место.
- Устройство герметично и в него можно помещать электронику без дополнительной герметизации.

- **Минусы:**

- Слишком маленький, большие врановые не воспринимают его как источник пищи.
- При помощи этого устройства врановых можно учить только сбору монет, т.к. приспособить его для других предметов очень сложно.

6.2.3. Разработка программного обеспечения для прототипа устройства

Для обеспечения работы устройства мною использован микроконтроллер Arduino, для которого были разработаны соответствующие программы

В Приложении №1 представлен программный код для устройства. Программа разработана на языке C++.

6.2.4. Демонстрация стадий обучения ворон

Видео - <https://youtu.be/gmJ2b6w2QV8> . В этом видео показана каждая стадия обучения в действии

6.3. Выбор территории для установки устройства

Важным этапом является выбор места, где будет установлено устройство. Важно, чтобы там часто появлялись птицы и было мало людей, которые могут спугнуть птиц. А также важно, чтобы птицы могли спокойно изучить устройство на расстоянии, так они быстрее к нему привыкнут. Для этого устройство должно быть

расположено рядом с деревьями, кустарниками, постройками, чтобы птицы могли изучить устройство со всех сторон.



6.3.1. Прикармливание ворон

После выбора территории начинается стадия прикармливания. В качестве пищи я использовал арахис, он крупный и его можно увидеть издалека, он сильно пахнет, и при падении издает громкий звук, который привлекает ворон. В процессе эксплуатации был найден ещё один плюс, его не воспринимают как пищу воробьи, они просто проходят мимо, думают, что это камень.

Я рассыпал арахис каждый день, в одинаковое время, чтобы у ворон выработался режим. Рассыпал равномерно по поверхности в районе выбранного места. Важно, что давать птицам сразу много арахис, тогда они наедятся и потеряют интерес к месту, арахис для них должен быть желанной пищей, которую можно достать только в одном месте и в одно время. Ко мне прилетали сороки и галка, и они сразу начали есть арахис и быстро привыкли к этому.



Когда птицы начали прилетать каждый день и съедать арахис, я решил установить устройство и посмотреть, как птицы будут взаимодействовать с ним.

6.3.2. Установка устройства

Этот этап всегда занимает разное время. Где-то птицы могут сразу привыкнуть к устройству, а где-то будут бояться его и через неделю.

Я установил устройство на платформу, чтобы птицам приходилось садиться на него и брать арахис, а иначе они дотягивались и брали его, стоя на земле.



Так же я установил камеру, чтобы следить как врановые взаимодействуют с устройством. Галка с сороками и тут быстро сориентировались, и начали стабильно прилетать и брать из устройства арахис. А сорока даже привела к нему своих птенцов. Это очень хороший знак, значит сорока доверяет устройству и благодаря птенцам мы сможем обучить большую популяцию.

6.4. Итоги обучения ворон сбору монет

В ходе обучения ворон сбору монет я дошёл до третьей стадии обучения.

Первая стадия обучения прошла довольно быстро, птицы сразу привыкли к устройству и начали из него есть.

Вторая стадия обучения очень важная, на этом этапе птицы должны привыкнуть к звуку открытия крышки. Галка сразу привыкла к нему и начала брать арахис из устройства (в ходе наблюдений, я заметил, что галке более смелые птицы, чем сороки). А сороки долго боялись открытия и просто не прилетали к боксу, но в один день сорока открыл бокс отлетела от испуга, но вернулась за арахисом. Она перестала бояться устройство.

Третья стадия обучения тоже очень важная, на ней птицы должны понять, что надо скидывать монеты, чтобы получить арахис. И тут галка показала себя отлично. Она сразу догадалась, что надо делать, и повторяла это каждый день. А сорока перестала прилетать к устройству, по камере я видел, что она прилетала пару раз и даже скидывала монет, но арахис не брала, это очень странное поведение. Возможно, их начала отгонять от бокса галка, чтобы сороки не ели арахис.

Четвёртая стадия обучения - последняя стадия. До неё я пока что не дошёл. Это связано с тем, что эксперимент я проводил в деревни, которая находится очень далеко от моего дома. И эксперимент я могу проводить там только летом, т.к. в другие сезоны там очень холодно. Я надеюсь, что в следующие лето мне удастся обучить ворон этой стадии.

Итог: Врановые обучились трём стадиям из четырёх. Я считаю, что это очень хороший результат за небольшое время, всего 3 месяца, т.к. врановые очень умные и осторожные птицы и очень тяжело попасть им в круг доверия. Галка быстро обучается, и я думаю, что четвёртую стадию она легко освоит.

7. Обучение ворон сбору сигаретных окурков

Цель этого проекта не обогатиться на воронах, а найти пути взаимодействия людей и ворон, чтобы вороны помогали нам делать различные вещи, например помогали собирать различный мусор. Можно обучить сбору мусора после каких-то мероприятий, например после футбольных матчей. Далеко не все болельщики любят убирать за собой мусор, и его остаётся очень много. И тут нам могут помочь вороны, которые будут облетать весь стадион и собирать мусор мелкого и среднего размера. А большой или тяжёлый мусор будут убирать персонал. При помощи ворон можно сильно облегчить работу персонала, и ускорить её.

Но стадион — это не единственное место, где нужно убирать мусор. Улицы городов, вот самые загрязнённые места. А какой мусор там распространён больше всего? Это сигаретные окурки. Которые являются одним из самых токсичных видов мусора.

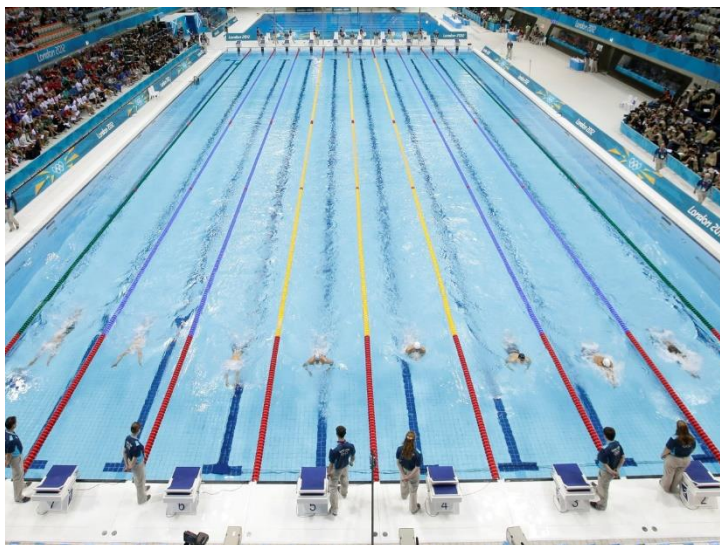
И я подумал, что мы можем обучать ворон сбору сигаретных окурков. Окурки маленькие и часто лежат в траве, по которой ходят вороны, ворона будет видеть окурки, и относить его нам, а мы будем давать взамен арахис.

Так же есть вариант обучения ворон сбору жестяных крышек от бутылок. И для него за основу можно взять устройство для обучения ворон сбору монет, т.к. формы и материалы изготовления у монет и крышек очень похожи. Но этот вариант менее полезен, чем сбор сигаретных окурков.

7.1. Вред сигаретных окурков для природы

Сигареты вредны не только для людей, но и для природы.

Ежегодно выкуривается 6 трлн окурков по всему миру и 4,5 трлн люди выбрасывают в природу. Это гигантское количество.

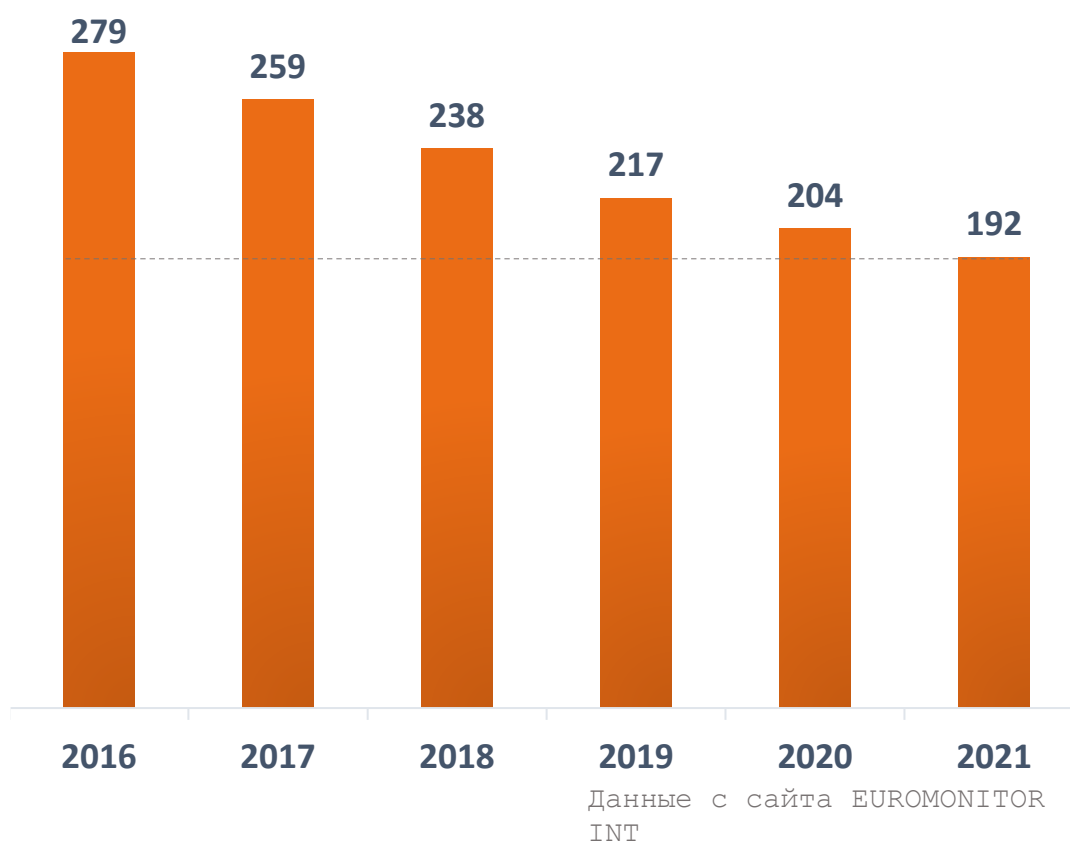


Если собрать все окурки, выброшенные за 1 год во всём мире, то они займут 2500 Олимпийских Бассейнов.



А их вес будем равен двум таким кораблям. Название это корабля - Pioneer Spirit и это крупнейшее судно в мире.

ПРОДАЖИ СИГАРЕТ В РОССИИ (МЛРД.ШТ)



Ежегодно в России продаётся около 200 млрд. сигарет. Это очень большой показатель. Продажи сигарет снижаются, но это не избавит нас от окурков, которые уже выброшены в природу. Около 70% купленных сигарет, ежегодно выбрасывают в природу, что сильно загрязняет её.

Окурки очень токсичные. Сигаретный фильтр на 98% состоит из пластика, который очень вреден для природы. И каждый окурочек наносит большой вред окружающей среде и препятствует нормальному росту растений. Но сейчас человечество создало электронные сигареты, для которых даже не нужны сами сигареты, но во многих они по-прежнему используются. И даже если все начнут курить электронные сигареты, и не будут выбрасывать окурки, то что делать с окурками, которые уже находятся в природе и разлагаются? Их надо как-то собирать, а потом перерабатывать.

Но кто будет этим заниматься, это очень трудоёмкая работа, т.к. большинство окурочков находятся в траве и их тяжело собирать из-за маленького размера. И придётся задействовать большое число людей, чтобы очистить весь город от окурочков. Тут нам могут помочь вороны. Вороны очень внимательные и зоркие, и они легко могут найти окурочек, лежащий в траве.

7.2. Описание метода обучения ворон сбору сигаретных окурочков

Обучение ворон сбору сигаретных окурочков состоит из 3-х стадий:

- **1-ая стадия.**
 - Устройство работает как кормушка и выдаёт арахис, когда прилетает ворона. На этой стадии птица привыкает к устройству.
- **2-ая стадия.**
 - Устройство не выдаёт арахис, когда птица прилетает. Но теперь на устройстве лежат сигаретные окурки, которые она должна столкнуть, чтобы получить арахис. Птица прилетает, и не понимает, почему её не выдают арахис, она начинает суетиться, ходить по устройству и случайно сталкивает лежащие на устройстве окурки в отверстие, а потом получает арахис. На этой стадии ворона понимает, что для получения арахиса она должна скинуть окурочек в отверстие.
- **3-я стадия.**
 - Устройство не выдаёт арахис, когда птица прилетает, но теперь окурки не лежат на устройстве, а лежат на земле рядом с ним, и чтобы получить арахис, ворона должна взять окурочек с земли и отпустить его в отверстие. Когда ворона это понимает, мы раскладываем окурки всё дальше и дальше от устройства. На этой стадии ворона понимает, что теперь окурки не будут лежать на устройстве, а их нужно искать рядом с ним. И так с каждым днём она охватывает большие территории для поиска окурочков.

7.3. Разработка устройств для обучения ворон сбору сигаретных окурочков

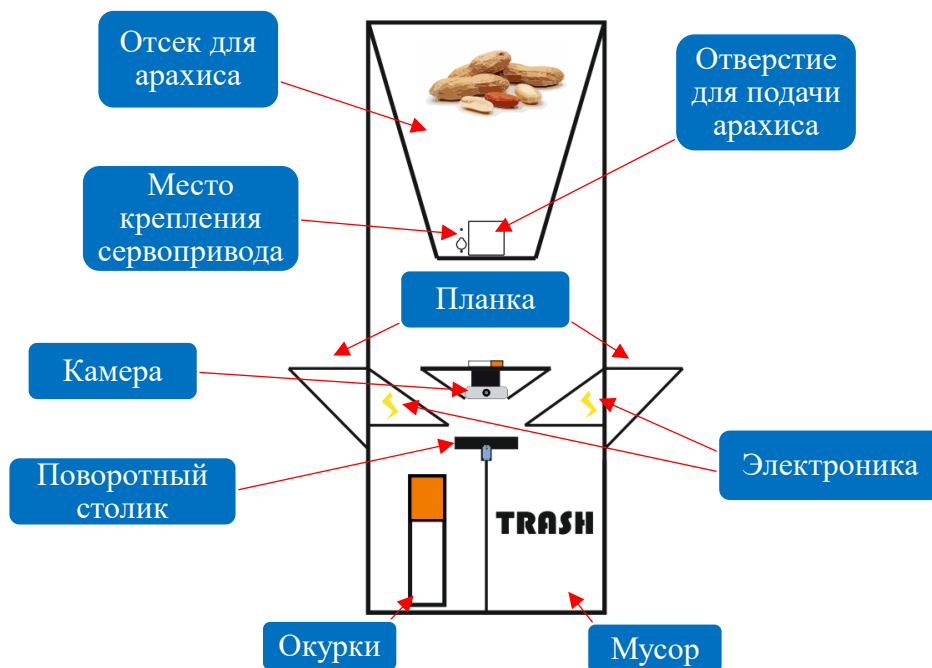
Для обучения ворон сбору сигаретных окурочков я решил разработать своё устройство.

Изготовление устройства будет происходить при помощи лазерного станка. Т.к. на станке мы можем быстро вырезать нужные детали и сразу же внести

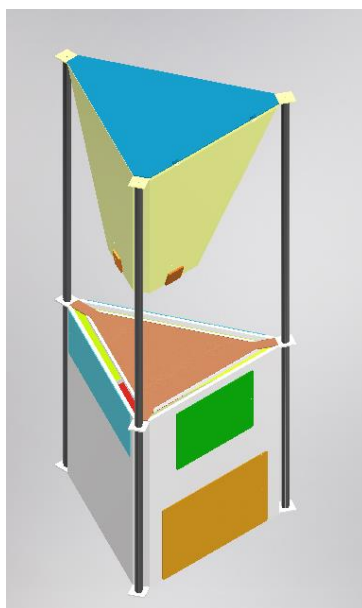
изображения в чертежи, а не ждать по несколько часов, пока наша детали распечатается на 3 Д принтере.

7.3.1. Прототип №3

Сначала, я решил сделать схему будущего устройства в CorelDraw.



На основе этой схеме я создал 3Д модель будущего устройства в программе Inventor Professional 2020.



В финальной версии это устройство должно было быть из оргстекла, но сначала, я решил вырезать его из фанеры 3 мм, чтобы выявить все недочёты и оптом исправить их.

Уже во время сборки я понял, что это неудачный вариант компоновки устройства.

- **Плюсы:**
 - Вмещает в себя много арахиса и окурков.
- **Минусы:**
 - Слишком большой (высота 1.5 метра). Я хотел сделать его большим, чтобы даже большие врановые могли контактировать с ним, но размеры оказались слишком большие.
 - Конструкция. В ходе сборки я понял, что устройство состоящие из двух частей, которые соединены деревянным брусом, очень неустойчивое и имеет малую жёсткость.
 - Сложная форму верхней и нижней части. За основу этих частей я взял треугольник со скошенными углами, и оказалось, что собрать устройство

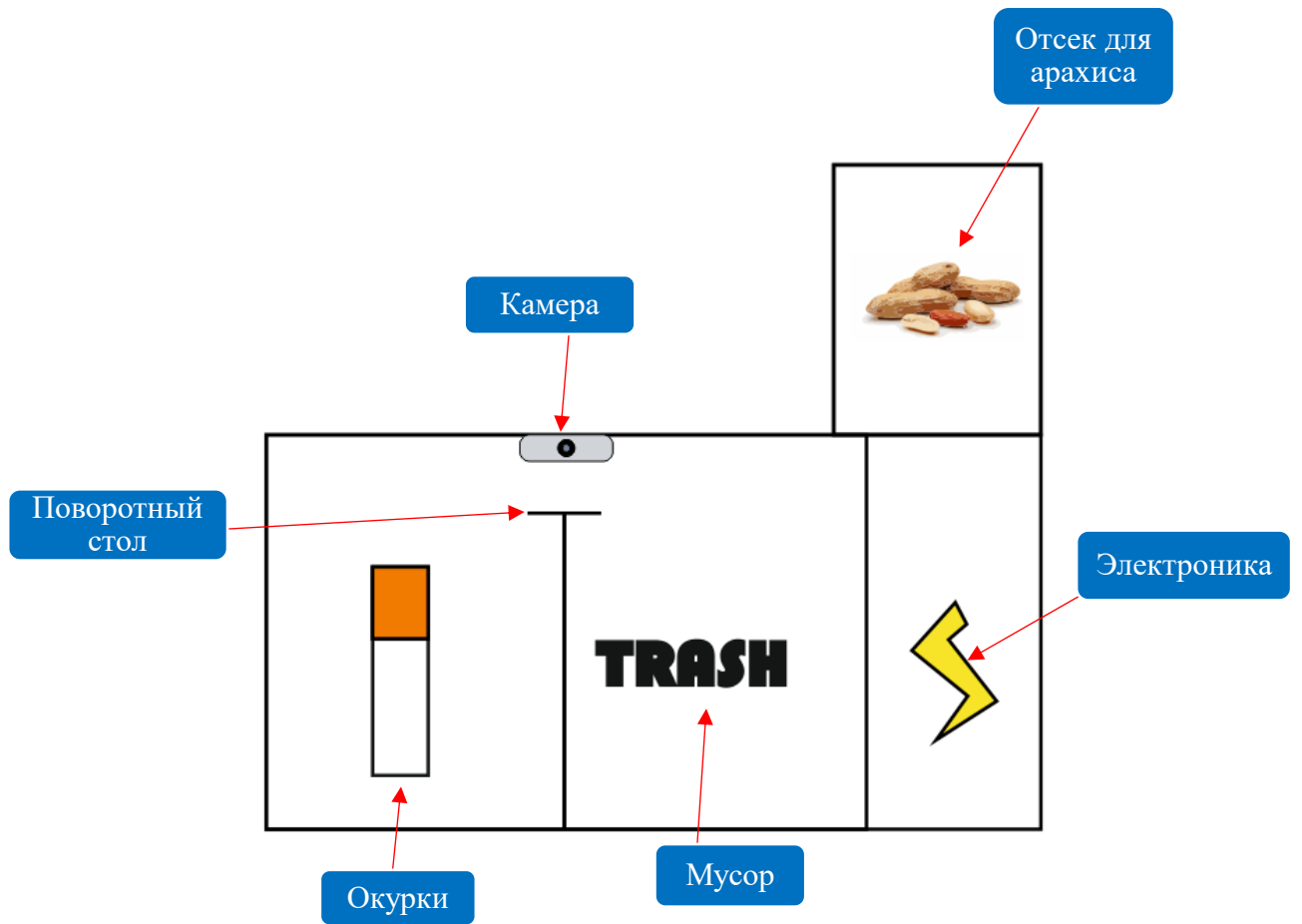


такой форму из фанеры очень сложно, т.к. пластины фанеры соединяются не под прямым углом и имеют малую площадь соприкосновения.

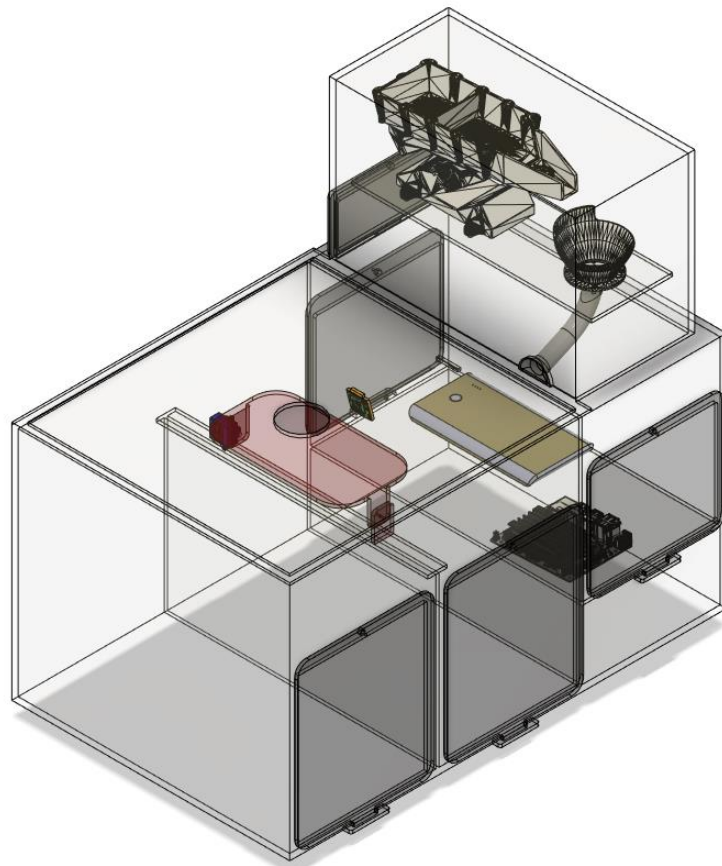
Это был неплохой прототип, но у него много существенных минусов. На основе полученного опыта, я решил разработать новую версию устройства для обучения ворон сбору сигаретных окурков.

7.3.2. Прототип №4

На основе полученных результатов была сделана новая схема устройства.

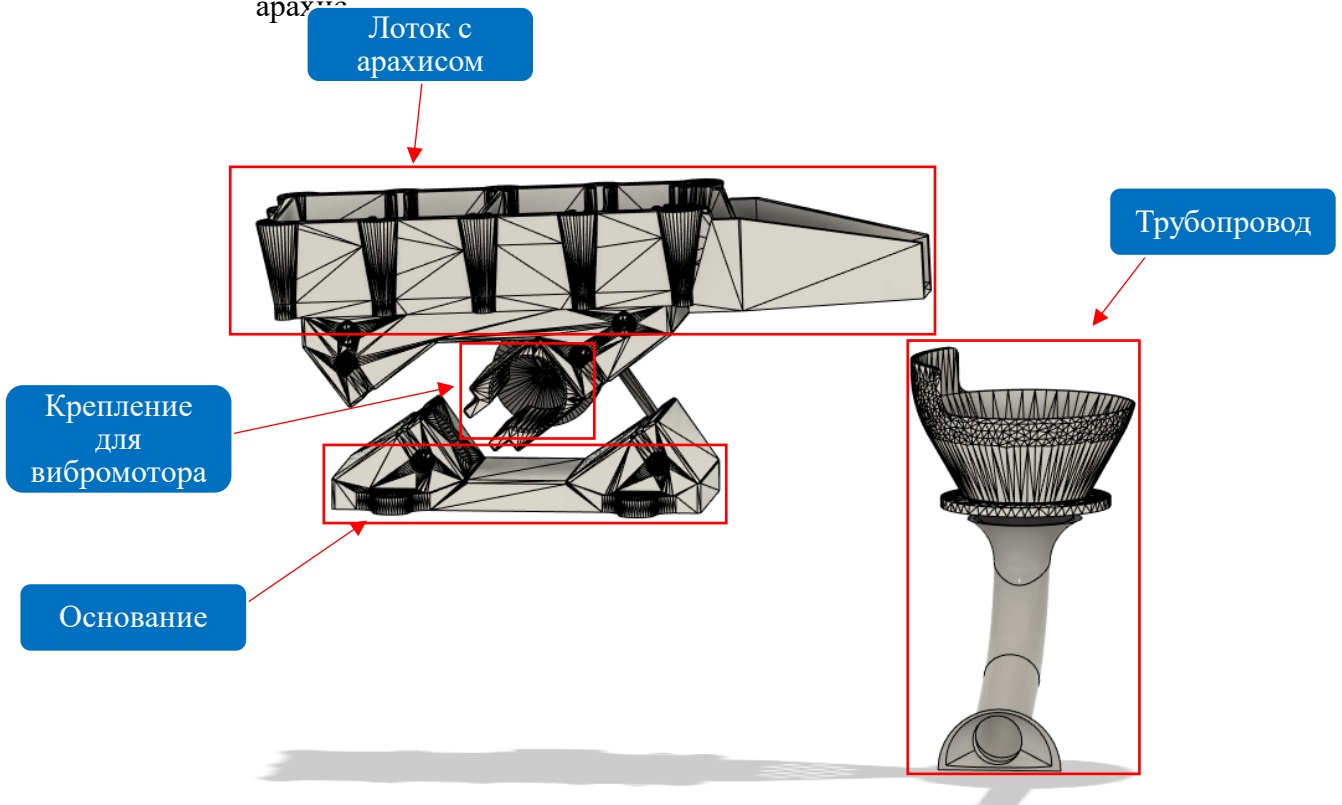


Далее, по этой схеме я сделал 3 Д модель этого прототипа во Fusion 360.



Устройство будет выполнено из оргстекла, чтобы обеспечить устойчивость устройства к погодным условиям. И склеиваться на клей-герметик, для лучшей гидроизоляции электроники в устройстве.

В этом устройстве я использовал необычную систему подачи арахиса. Я позаимствовал у американского мейкера Hans Forsberg, которые тоже обучает врановых, но не сбору монет, а сбору металлических крышек. В этой системе мы не открываем крышку отсека для арахиса, а выдаём вороновым арахисом



Система работает за счёт вибрации, лоток с арахисом, которые стоит под небольшим углом, начинает вибрировать, из-за чего арахис в нём начинает скатываться вниз, и падает в трубопровод, через него арахис попадает на площадку устройства. Где его уже может съест ворона. Для большей вместимости арахиса, можно использовать арахис не в скорлупе, а уже очищенный, так мы сможем увеличить его количество в несколько раз.

Так же, для удобства птиц, на платформу устройство будет наклеен шероховатый материал, чтобы птицы могли спокойно ходить по нему и не скользили по гладкому оргстеклу.

Я считаю, что это лучший прототип, т.к. он собирает в себе все преимущества других устройств, которые были.

- **Преимущества:**

- Вмещает в себя много арахиса и окурков.
- Средние размеры. Идеально подходит для больших и маленьких врановых.

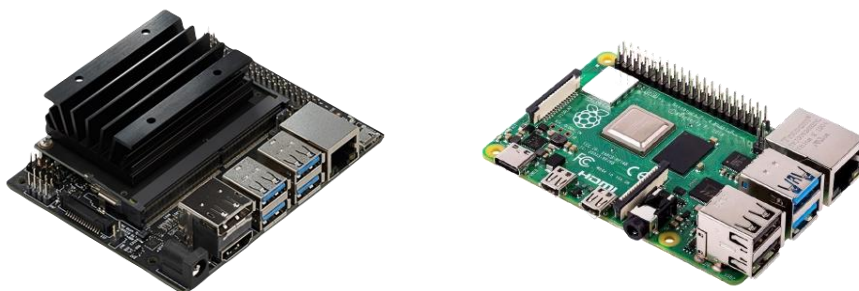
- Устройство выполнено из оргстекла и ему нестрашны любые погодные условия.
- Высокая мобильность, из-за наличия Power Bank.
- Устройство герметично и в него можно помещать электронику без дополнительной герметизации.
- Универсальность, устройство можно легко переделать для обучения врановых сбору монет, или металлических крышек.
- Простая конструкция. Фактически, устройство состоит из двух параллелепипедов, которые легко собираются из детали вырезанных на лазерном станке.

8. Разработка нейронной сети для сортировки мусора

Как определить то, что нам принесла ворона, ведь вороны захотят нас обмануть и принести что-то другое, а не окурок? Всё время сидеть за компьютером, и смотреть, что нам принесла ворона плохая идея, ведь птица может прилететь в любое время, даже рано утром. Для этого нужно установить видеочамеру и научиться анализировать видеоизображение при помощи нейронной сети, которую нужно обучить детектировать нужные предметы.

8.1. Выбор платформы для нейронной сети

Существует много разновидностей микрокомпьютеров, на которых создают нейронные сети. Но самые популярные это – Raspberry Pi 4 и Nvidia Jetson Nano.



ХАРАКТЕРИСТИКИ	JETSON NANO	RASPBERRY PI 4
ПРОЦЕССОР	ARM Cortex-A57	ARM Cortex-A72
ЧАСТОТА ПРОЦЕССОРА	1.42 GHz	1.5 GHz
ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ	4 GB	1,2,4,8 GB
ВИДЕОКАРТА	NVIDIA Maxwell w/ 128 NVIDIA CUDA cores	Broadcom VideoCore VI
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВИДЕОКАРТЫ	472 GFLOPS !!!	30 GFLOPS
ЦЕНА	100\$/~7400 руб.	85\$/~6300 руб.

По многим показателям Raspberry Pi 4 и Nvidia Jetson Nano схожи. Но наличие у Nvidia Jetson Nano видеочакрыты с производительностью в 472 GFLOPS играет большую роль в обучении нейронных сетей и применении их на практике. Исходя из этого параметра я выбрал Jetson Nano, т.к. производительность при работе с нейронными сетями в 10 раз больше, чем у Raspberry Pi 4, что ускоряет и упрощает работу.

Эта плата программируется на языке Python.

8.2. Выбор фреймворка для обучения и модели обучения

Для обучения нейронных сетей и работы с ним необходимо производить большие вычисления, которые требуют много ресурсов компьютера и времени. Фреймворка для нейронных сетей, такие как, Caffe, TensorFlow, PyTorch оптимизированы для быстрой работы на графических процессорах. Фреймворки используют возможность параллельного выполнения различных задач на графическом процессоре. Что увеличивает скорость обучения и работы нейронной сети.

Модель обучения – нейронная сеть, которая была заранее обучена на простые элементы, кривые, линии, и другие объекты, чтобы в дальнейшем улучшить работу нейронной сети, в них используются специально созданные математические модели, от которых зависит точность нейронных сетей.

Jetson Nano поддерживает все популярные фреймворки для обучения. Основной выбор был между Pytorch и TensorFlow. Я выбрал Pytorch, потому что она лучше подходит для работы с видео процессором (который есть на Jetson Nano) и её официально использует Nvidia для создания сетей на Jetson Nano.

Моделей обучения так же очень много и все они от различных производителей. Вот самые популярные модели, используемые на Jetson Nano:

Network	CLI argument	NetworkType enum
AlexNet	alexnet	ALEXNET
GoogleNet	googlenet	GOOGLENET
GoogleNet-12	googlenet-12	GOOGLENET_12
ResNet-18	resnet-18	RESNET_18
ResNet-50	resnet-50	RESNET_50
ResNet-101	resnet-101	RESNET_101
ResNet-152	resnet-152	RESNET_152
VGG-16	vgg-16	VGG-16
VGG-19	vgg-19	VGG-19
Inception-v4	inception-v4	INCEPTION_V4

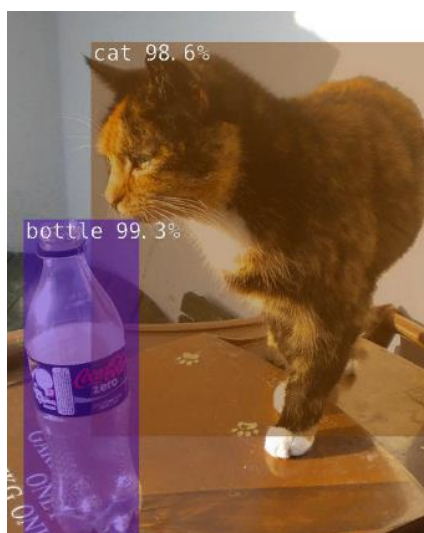
Большинство сетей – это победители Imagenet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC), где учёные соревнуются за точное нахождение объектов на изображениях и видео. В 2015 году ResNet получила награды в области классификации, обнаружения и локализации объектов на изображениях. В этом проекте я буду использовать самую небольшую версию ResNet: ResNet-18. Она обеспечивает хороший баланс между производительностью и точностью на Jetson Nano. Вот результаты тестов этой сети на Jetson Nano, на определение разных объектов.

Dataset	Resolution	CLI Argument	Accuracy	Jetson Nano
Cityscapes	512x256	<code>fcn-resnet18-cityscapes-512x256</code>	83.3%	48 FPS
Cityscapes	1024x512	<code>fcn-resnet18-cityscapes-1024x512</code>	87.3%	12 FPS
Cityscapes	2048x1024	<code>fcn-resnet18-cityscapes-2048x1024</code>	89.6%	3 FPS
DeepScene	576x320	<code>fcn-resnet18-deepscene-576x320</code>	96.4%	26 FPS
DeepScene	864x480	<code>fcn-resnet18-deepscene-864x480</code>	96.9%	14 FPS
Multi-Human	512x320	<code>fcn-resnet18-mhp-512x320</code>	86.5%	34 FPS
Multi-Human	640x360	<code>fcn-resnet18-mhp-512x320</code>	87.1%	23 FPS

Здесь мы видим, что сети, обученные на данной модели, имеют высокую точность (от 83%) и большое число кадров в секунду на сложных и больших нейронных сетях при большом разрешении.

В PyTorch есть предварительно обученную модель ResNet-18, которая была обучена на “ImageNet 2012 набор классификационных данных”, который состоит из 1000 классов. Другими словами, модель может распознавать 1000 различных объектов, это кривые, линии и другие объекты на изображении.

Существует два типа нейронных сетей для анализа видеопотока, это classification, когда сеть просто говорит нам, что за объект находится на изображении, но не указывает его местоположение, и object detection, когда сеть указывает местоположения объекта, обводит его в рамку и говорит, что это за объект. В этом проекте я буду использовать тип classification, т.к. знать местоположение объекта нам знать не нужно, и фотографии для этого типа собрать легче, т.к. не нужно на каждом изображении выделять интересующий нас объект.



Object detection



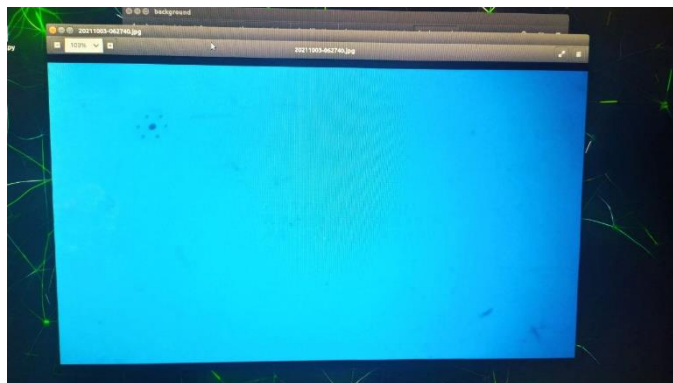
Classification

8.3. Создание Data Set'a

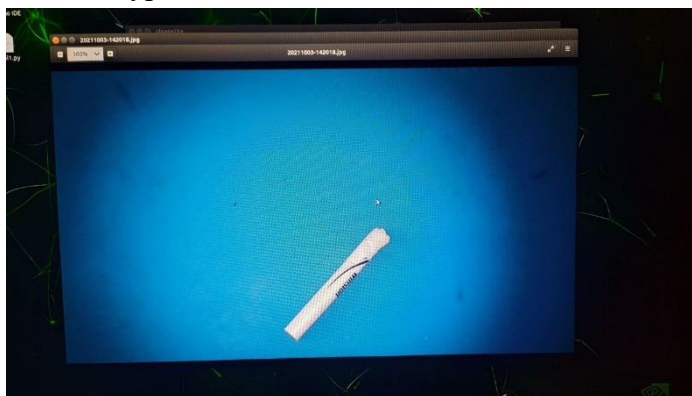
Data Set - с английского набор данных, в случае с нейронными сетями, это набор фотографий, которые будут использоваться для обучения нейронной сети.

Для нейронной сети я создал три класса:

- Background (фотографии поверхности на котором будут лежать окурки)
 - Когда нейронная сеть будет распознавать класс background, она не будет посылать сигнал сервоприводу.

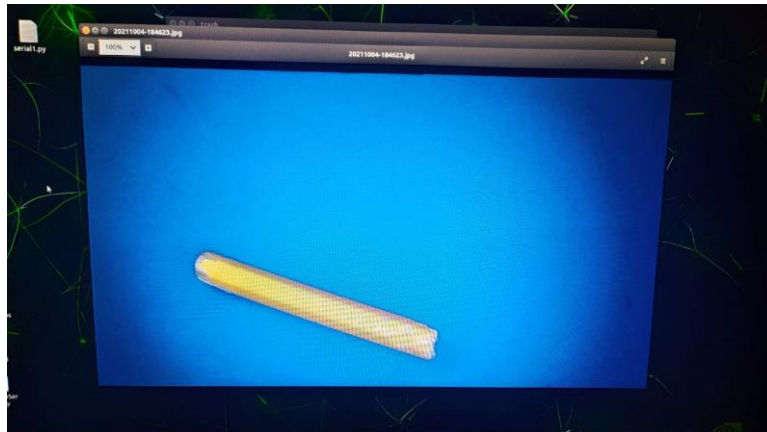


- Cigarette (фотографии сигарет)
 - Когда нейронная сеть будет распознавать класс cigarette, она будет посылать сигнал сервоприводу, чтобы тот повернул сортировочный столик в сторону отсека с окурками.

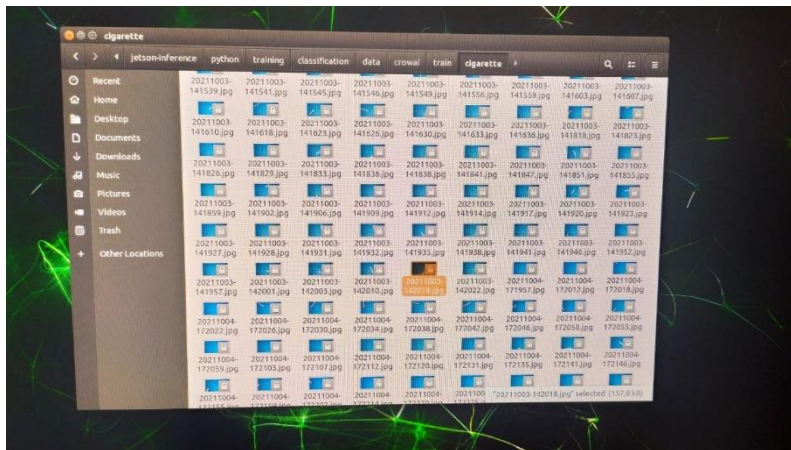


- Trash (фотографии различного мусора, который может принести ворона, это палки, обломки карандашей, ручек.)

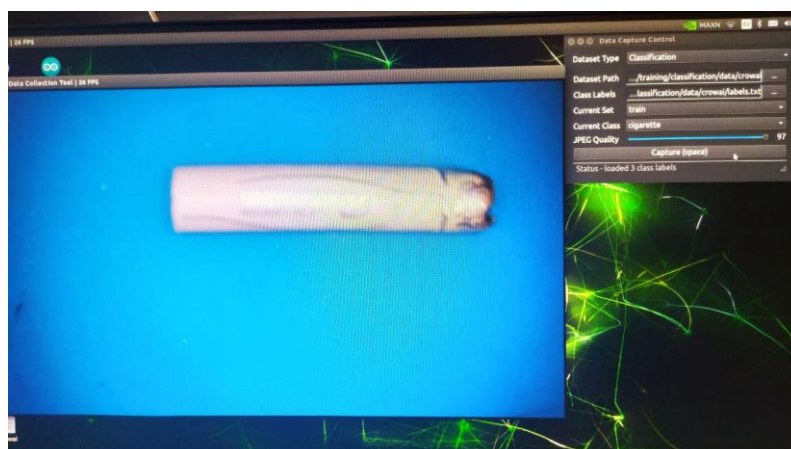
- Когда нейронная сеть будет распознавать класс trash, она будет посылать сигнал сервоприводу, чтобы тот повернул сортировочный столик в сторону отсека с мусором.



Для каждого класса я сделал около 600 фотографий, это число я выявил в ходе экспериментов с сетью, и при таком количестве достигается максимальная точность определения.



При создании фотографий я использовал встроенную утилиту в Jetson Nano, которая направлена на создание Data Set'ов.



8.4. Обучение нейронной сети

Обучение сети происходит на микрокомпьютере и состоит из 35 этапов/эпох обучения.

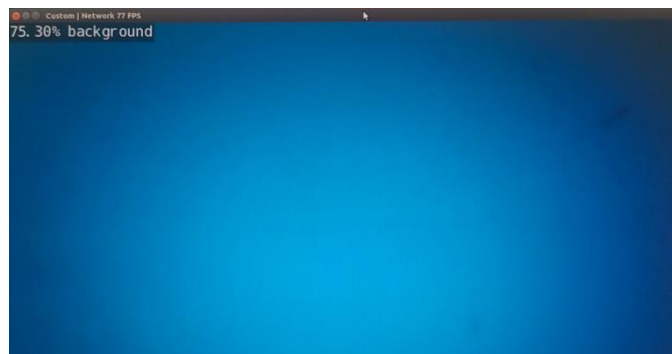
```
Epoch: [0] [ 0/625] Time 0.932 ( 0.932) Data 0.148 ( 0.148) Loss 6.8126e-01 (6.8126e-01)
Epoch: [0] [ 10/625] Time 0.085 ( 0.163) Data 0.000 ( 0.019) Loss 2.3263e+01 (2.1190e+01)
Epoch: [0] [ 20/625] Time 0.079 ( 0.126) Data 0.000 ( 0.013) Loss 1.5674e+00 (1.8448e+01)
Epoch: [0] [ 30/625] Time 0.127 ( 0.114) Data 0.000 ( 0.011) Loss 1.7583e+00 (1.5975e+01)
Epoch: [0] [ 40/625] Time 0.118 ( 0.116) Data 0.000 ( 0.010) Loss 5.4494e+00 (1.2934e+01)
Epoch: [0] [ 50/625] Time 0.080 ( 0.111) Data 0.000 ( 0.010) Loss 1.8903e+01 (1.1359e+01)
Epoch: [0] [ 60/625] Time 0.082 ( 0.106) Data 0.000 ( 0.009) Loss 1.0540e+01 (1.0473e+01)
Epoch: [0] [ 70/625] Time 0.080 ( 0.102) Data 0.000 ( 0.009) Loss 5.1142e-01 (1.0354e+01)
Epoch: [0] [ 80/625] Time 0.076 ( 0.100) Data 0.000 ( 0.009) Loss 6.7064e-01 (9.2385e+00)
Epoch: [0] [ 90/625] Time 0.083 ( 0.098) Data 0.000 ( 0.008) Loss 7.3421e+00 (8.4755e+00)
Epoch: [0] [100/625] Time 0.093 ( 0.097) Data 0.000 ( 0.008) Loss 7.4379e-01 (7.8715e+00)
```

Чем меньше показатель Loss, тем точнее нейронная сеть будет распознавать объекты.

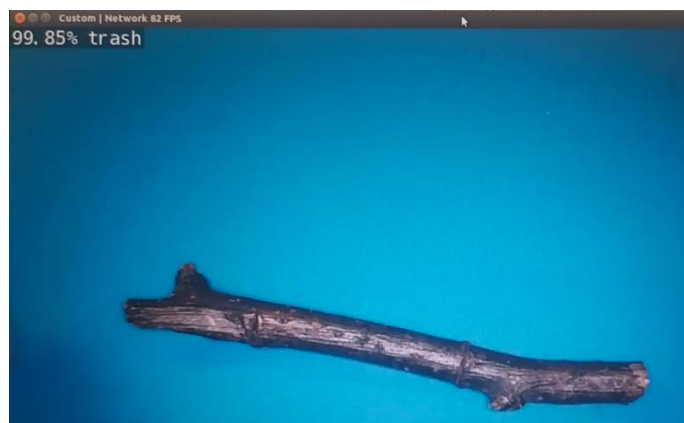
Обучения длится около 5 часов. И за это время, нейронная сеть доходить до показателя точности в 80% и выше. Но обучать нейронную сеть 7 или больше часов нет смысла, тогда нейронная сеть переобучиться и будет определять объекты только на тех фотографиях, которые были в нашем data set'e, а на изображении получаемом с камеры будет сильно путаться и ошибаться.

8.5. Тестирование работы нейронной сети

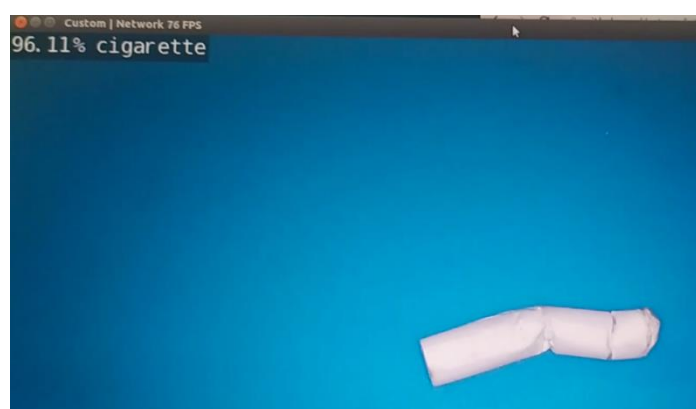
- Background



- Trash



- Cigarette



На этих фотографиях мы видим, что нейронная сеть с большой точностью определяет все объекты. И показатель FPS (кадры в секунды) держится около 80, что позволяет без задержки выводить результат определения объектов.

9. Вывод и формулировка результатов

В результате проектно-исследовательской работы врановые были обучены трём стадиям обучения из четырёх, разработано 4 прототипа устройств для обучения ворон, создана специальная схема генерации импульсов на Power Bank, создана нейронная сеть для анализа видеопотока.

10. Направление дальнейшей работы

Проект не останавливается, а только начинает развиваться.

И я запланировал дальнейшие шаги развития проекта:

- Обучить ворон четвёртой стадии обучения сбору монет

- Вырезать на лазерном станке и собрать четвёртый прототип устройства, а после усовершенствовать его
- Интегрировать созданную нейронную сеть в устройство для обучения ворон сбору сигаретных окурков
- Обучить ворон сбору сигаретных окурков при помощи устройства с нейронной сетью
- Привлечь внимание людей к проблеме сбора мусора
- Разработать пути взаимодействия людей и ворон

11. Список литературы

1. Книга “Эти гениальные птицы” Дженифер Акерман
2. Книга “Основы глубокого обучения” Нихиль Будума
3. Платт, Ч. Электроника для начинающих / Ч. Платт; Пер. с англ. Б. Бондаренко. - СПб.: БХВ-Петербург, 2013. - 480 с.;
4. Jetson AI Fundamentals Course (<https://developer.nvidia.com/embedded/learn/jetson-ai-certification-programs>)

Название конкурса

Проектно-исследовательская работа на тему:

«Создание устройства для обучения врановых сбору мусора и его сортировка при помощи нейросети»

Руководитель проекта:

Тужилин Андрей Николаевич

Педагог дополнительного образования

МБУ ДО "ДДТ" Детский Технопарк

"Изобретариум", г. Реутов

Автор:

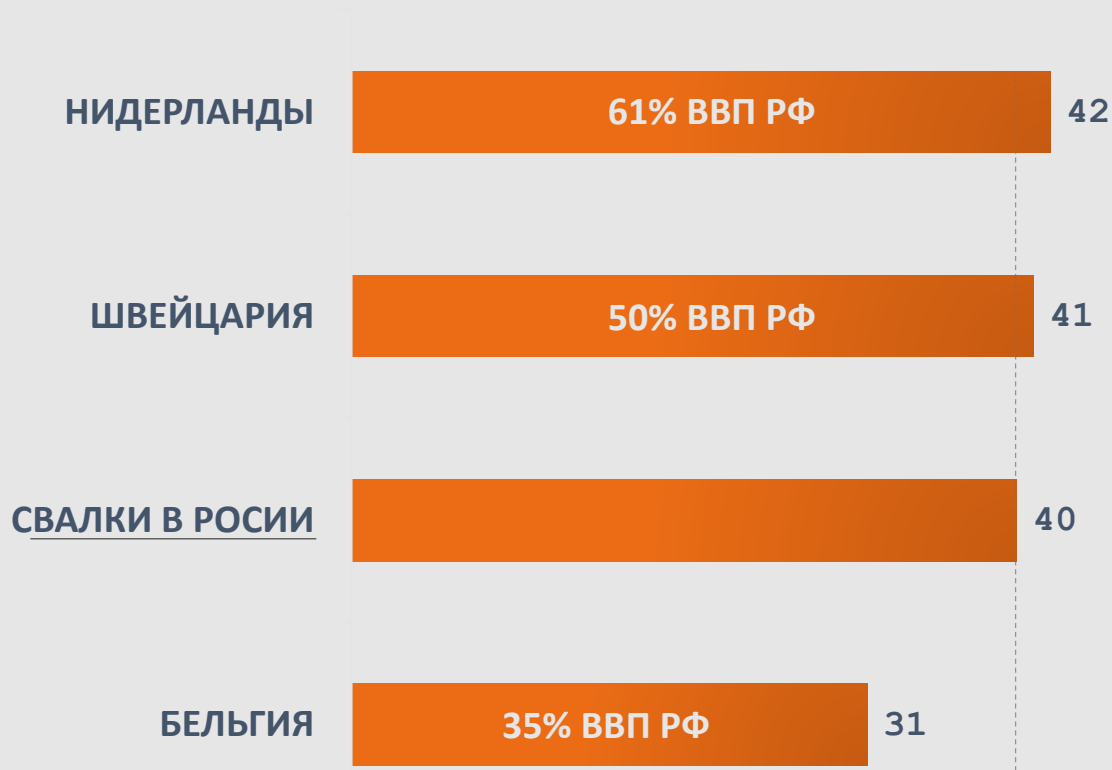
Муцольгов Родион, 9 класс;

МБУ ДО "ДДТ" Детский Технопарк

"Изобретариум", г. Реутов

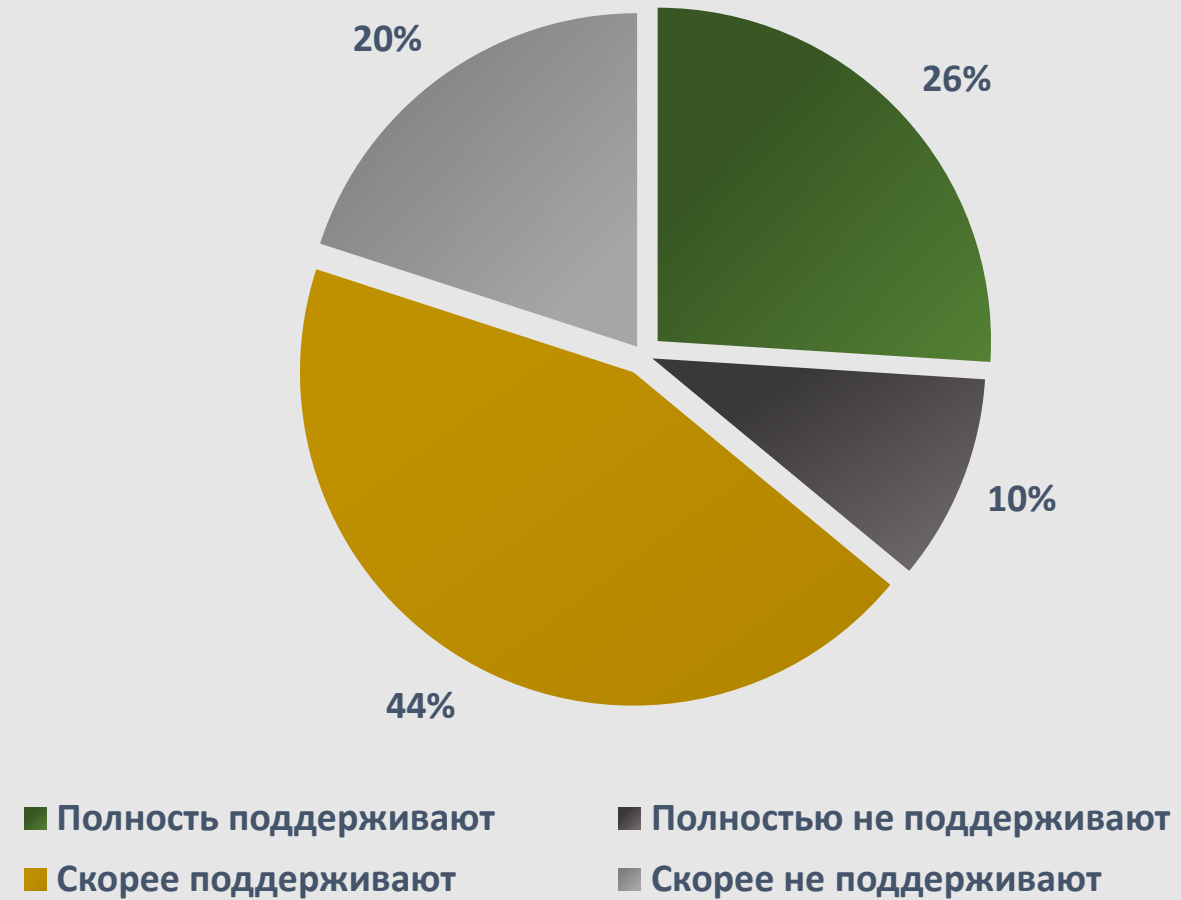
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА

СРАВНЕНИЕ ПЛОЩАДИ СВАЛОК РОССИИ С ПЛОЩАДЯМИ СТРАН
(млн га)



Источники: ООН, Росприроднадзор

ОТНОШЕНИЕ ЛЮДЕЙ К РАЗДЕЛЬНОМУ СБОРУ МУСОРА



Данные с сайта Romir

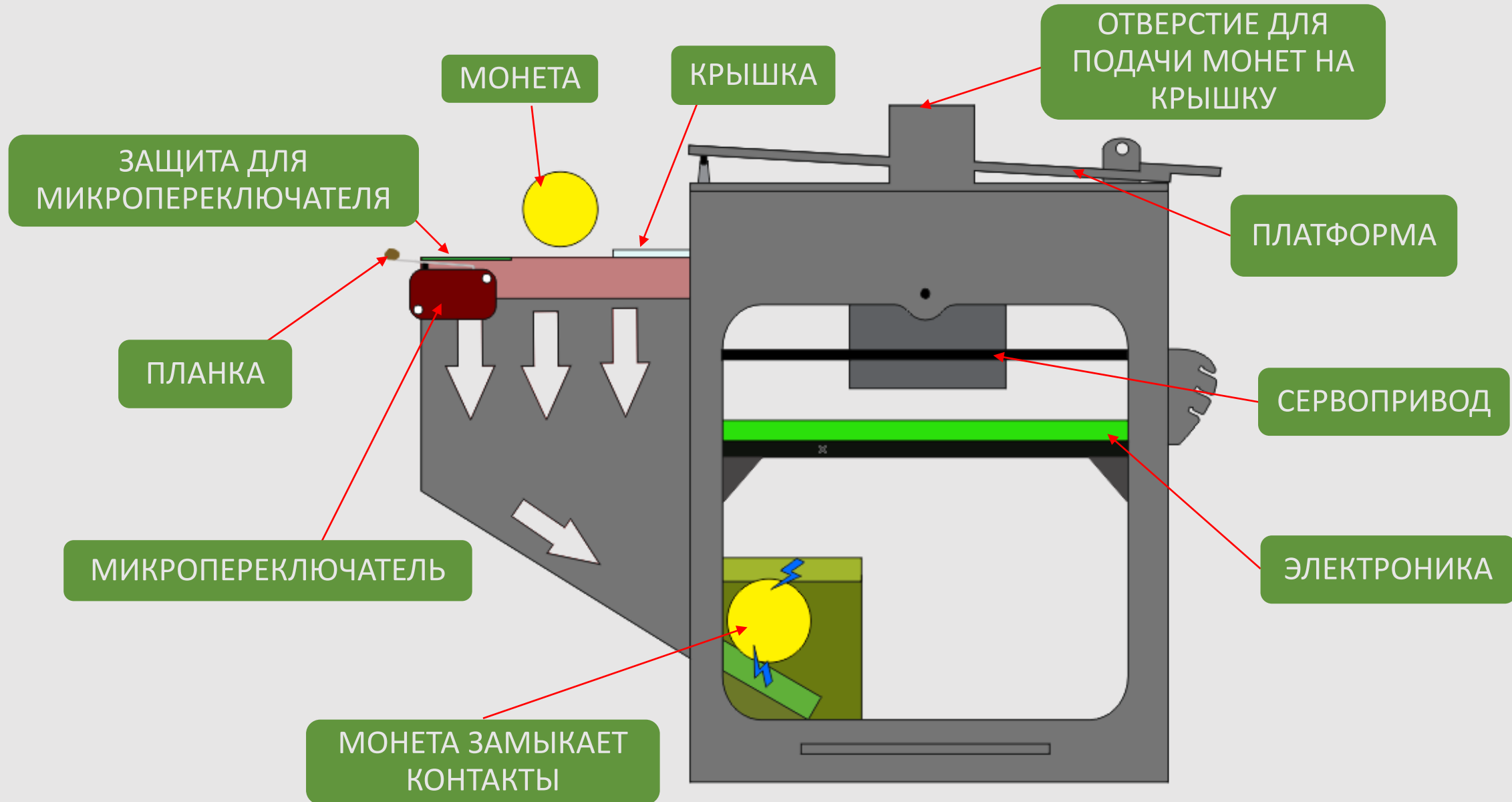
ЦЕЛЬ

Найти пути взаимодействия людей и ворон

ЗАДАЧИ

- Изучить методы взаимодействия с воронами
- Определить метод обучения ворон
- На основе метода провести эксперимент и подвести его итоги
- Разработать метод для обучения ворон собирать различные предметы
- Научиться анализировать изображение при помощи нейронной сети
- Обучить ворон приносить окурки

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОРОН СБОРУ МОНЕТ



ОБУЧЕНИЕ ВОРОН СБОРУ МОНЕТ

ОБУЧЕНИЕ ВОРОН

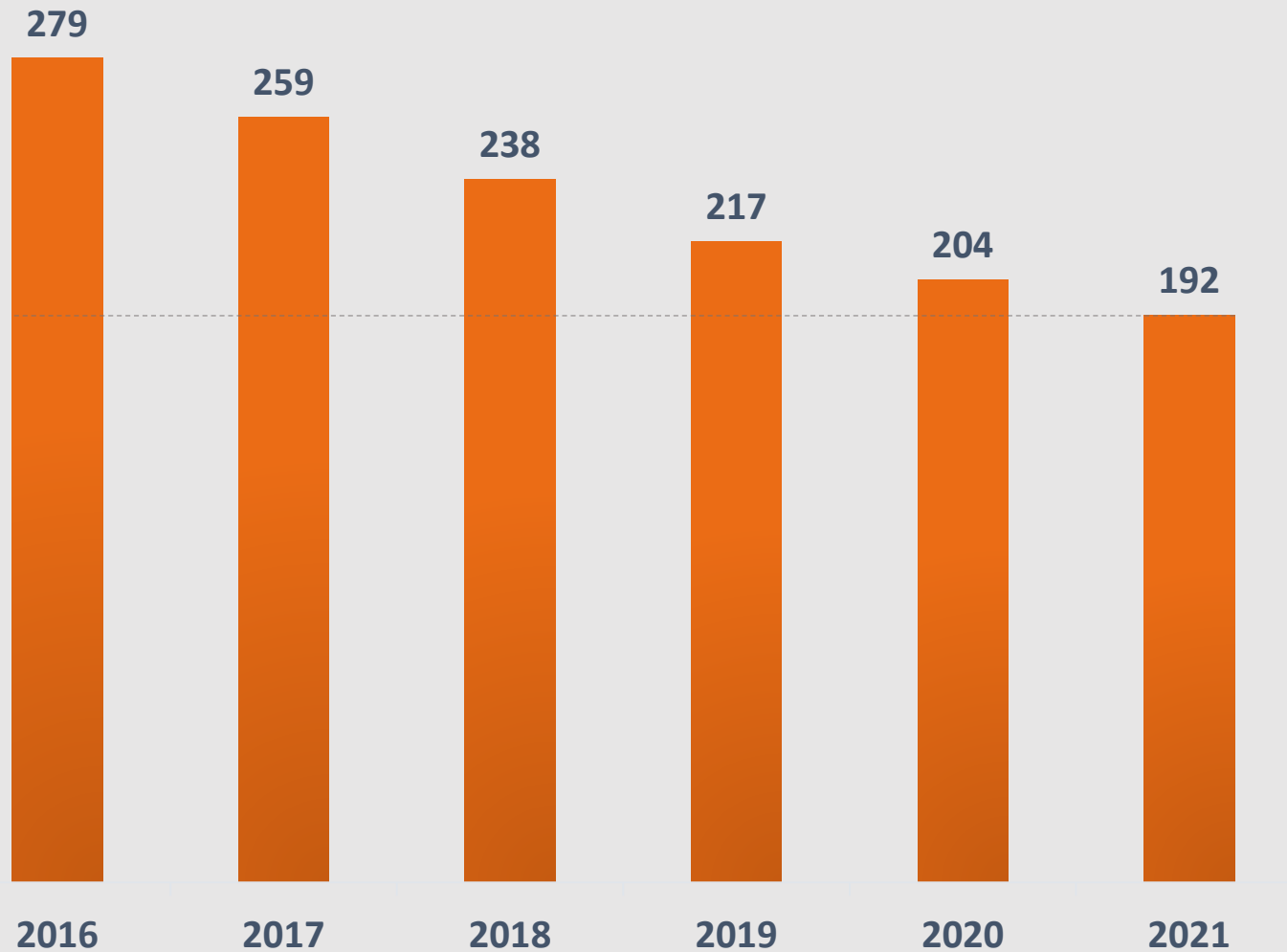
*by
Rodion*

ИТОГИ ОБУЧЕНИЯ ВОРОН СБОРУ МОНЕТ

ТРЕТЬЯ СТАДИЯ

ВРЕД ОКУРКОВ

ПРОДАЖИ СИГАРЕТ В РОССИИ (МЛРД.ШТ)



Данные с сайта EUROMONITOR INT

98%

СИГАРЕТЫ
СДЕЛНО ИЗ
ПЛАСТИКА

70%

СИГАРЕТ
ВЫБРАСЫВАЮТ
В ПРИРОДУ

10лет

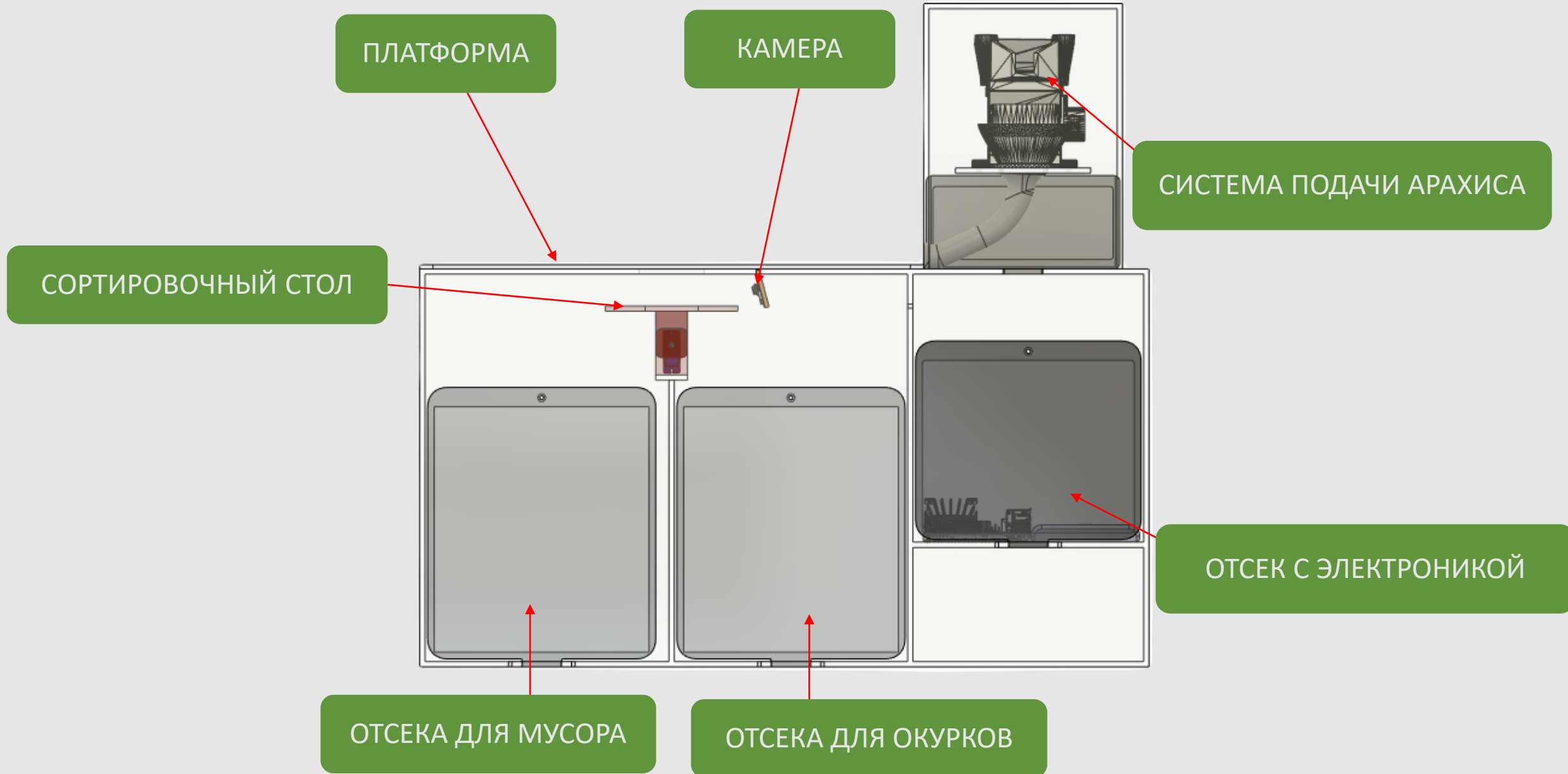
РАЗЛАГАЕТСЯ
ВЫБРАШЕННАЯ
СИГАРЕТА

ОБУЧЕНИЕ ВОРОН СБОРУ ОКУРКОВ

ОБУЧЕНИЕ ВОРОН

*by
Rodion*

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОРОН СБОРУ ОКУРКОВ



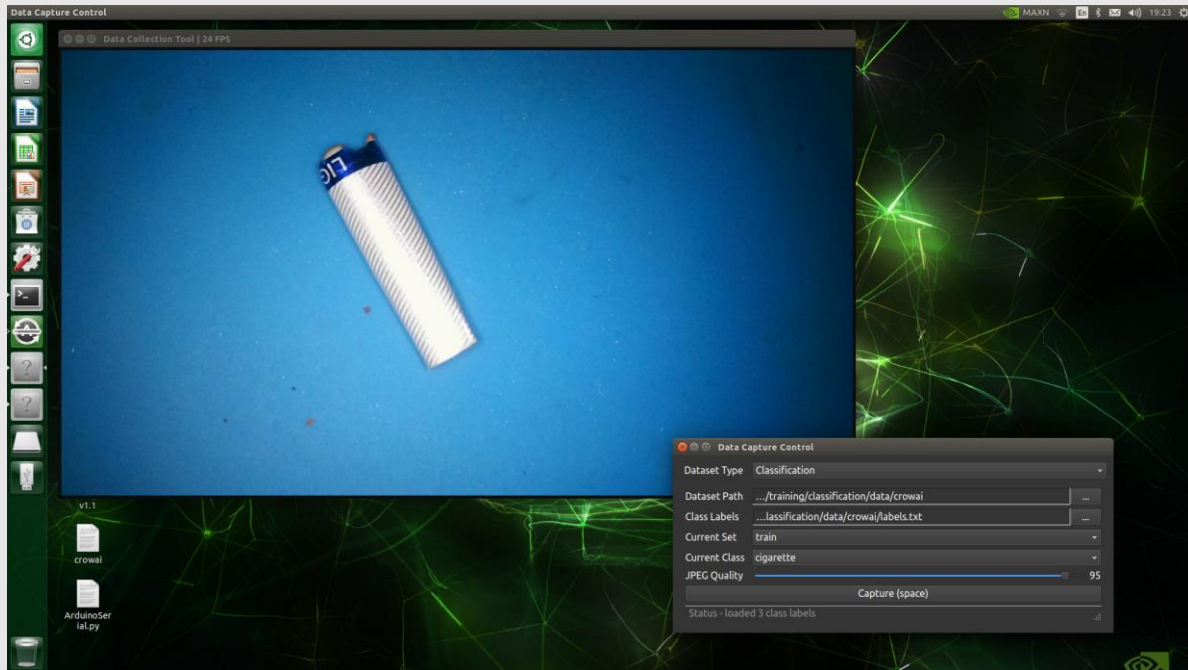
РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ

ВЫБОР АППРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ



ХАРАКТЕРИСТИКИ	JETSON NANO	RASPBERRY PI 4
ПРОЦЕССОР	ARM Cortex-A57	ARM Cortex-A72
ЧАСТОТА ПРОЦЕССОРА	1.42 GHz	1.5 GHz
ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ	4 GB	1,2,4,8 GB
ВИДЕОКАРТА	NVIDIA Maxwell w/ 128 NVIDIA CUDA cores	Broadcom VideoCore VI
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВИДЕОКАРТЫ	472 GFLOPS !!!	30 GFLOPS
ЦЕНА	100\$/~7400 руб.	85\$/~6300 руб.

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ

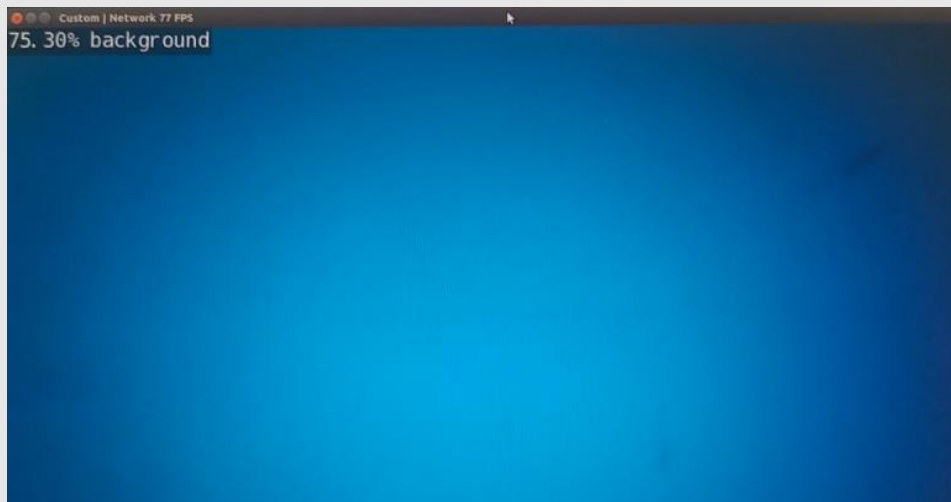


СОЗДАНИЕ DATA SET'А

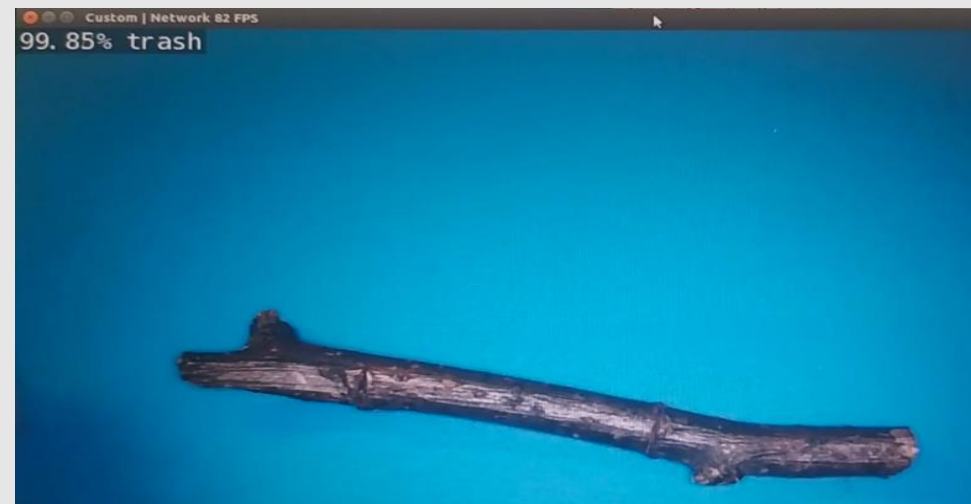
```
Epoch: [0][ 0/625] Time 0.932 ( 0.932) Data 0.148 ( 0.148) Loss 6.8126e-01 (6.8126e-01)
Epoch: [0][ 10/625] Time 0.085 ( 0.163) Data 0.000 ( 0.019) Loss 2.3263e+01 (2.1190e+01)
Epoch: [0][ 20/625] Time 0.079 ( 0.126) Data 0.000 ( 0.013) Loss 1.5674e+00 (1.8448e+01)
Epoch: [0][ 30/625] Time 0.127 ( 0.114) Data 0.000 ( 0.011) Loss 1.7583e+00 (1.5975e+01)
Epoch: [0][ 40/625] Time 0.118 ( 0.116) Data 0.000 ( 0.010) Loss 5.4494e+00 (1.2934e+01)
Epoch: [0][ 50/625] Time 0.080 ( 0.111) Data 0.000 ( 0.010) Loss 1.8903e+01 (1.1359e+01)
Epoch: [0][ 60/625] Time 0.082 ( 0.106) Data 0.000 ( 0.009) Loss 1.0540e+01 (1.0473e+01)
Epoch: [0][ 70/625] Time 0.080 ( 0.102) Data 0.000 ( 0.009) Loss 5.1142e-01 (1.0354e+01)
Epoch: [0][ 80/625] Time 0.076 ( 0.100) Data 0.000 ( 0.009) Loss 6.7064e-01 (9.2385e+00)
Epoch: [0][ 90/625] Time 0.083 ( 0.098) Data 0.000 ( 0.008) Loss 7.3421e+00 (8.4755e+00)
Epoch: [0][100/625] Time 0.093 ( 0.097) Data 0.000 ( 0.008) Loss 7.4379e-01 (7.8715e+00)
```

ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

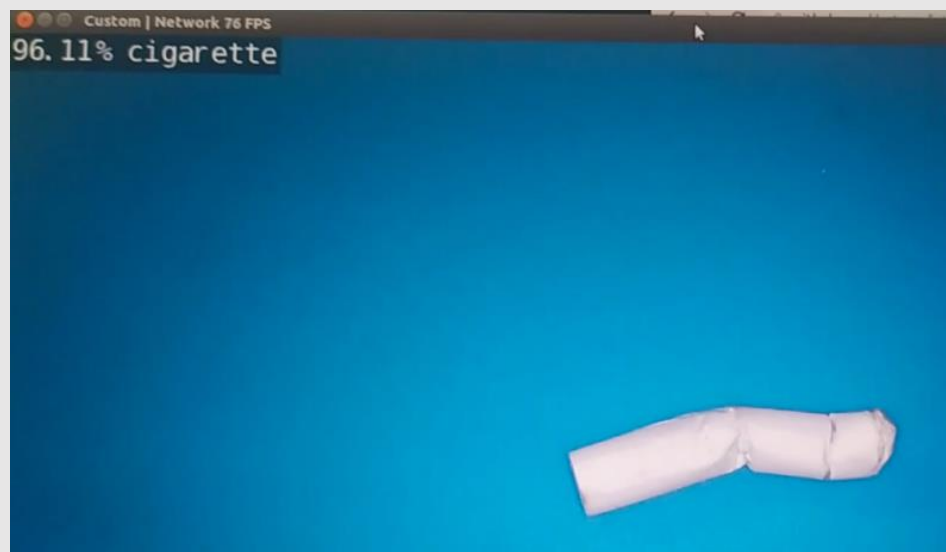
ТЕСТИРОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ



BACKGROUND



TRASH



CIGARETTE

ВЫВОДЫ

- Врановые обучены трём стадиям обучения из четырёх
- Разработано 4 прототипа устройств для обучения ворон
- Создана специальная схема для автономного питания устройства
- Создана нейронная сеть для анализа видеопотока

Промежуточная цель работы достигнута. Но основная работа ещё впереди...

НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

- Обучить ворон сбору сигаретных окурков при помощи устройства с нейронной сетью
- Собрать четвёртый прототип устройства
- Интегрировать нейронную сеть в устройство для обучения ворон сбору сигаретных окурков
- Привлечь внимание людей к проблеме сбора мусора
- Найти пути взаимодействия людей и ворон

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ