



Alabuga
International
School

Отчет по проекту:

Робот Nurse 2.0

Анвар Маулин

Нариман Шафиков

Дмитрий Крайнов

Тренер Максим Никитин

Содержание.

- 1. Презентация команды**
- 2. Краткая идея проекта**
- 3. Этапы разработки проекта**
- 4. Роботизированные решения использованные в нашем проекте**
- 5. Социальное взаимодействие и инновации**
- 6. Стоимость и окупаемость**

1. Презентация команды

Наша команда называется “Alabuga”. Команда состоит из трех студентов Анвара Маулина, Наримана Шафикова и Дмитрия Крайнова. Мы представляем Международную школу Alabuga International School. Наша школа находится в городе Елабуга.

В команде “Alabuga” каждый имеет свои обязанности. Дмитрий - инженер и великолепный конструктор, Анвар - автор идеи проекта, он программирует “ноги” нашего робота, специализируется на коллаборации Lego Ev3 и Tetrix Max. Нариман - прекрасно сочетает в себе навыки программиста и инженера, он программирует “голову” робота, используя микроконтроллер Arduino Uno. Когда возникают трудности мы помогаем друг другу с идеями и решениями. Поэтому мы можем сказать что у нас в команде не 3, а 6 человек: три программиста и три инженера.

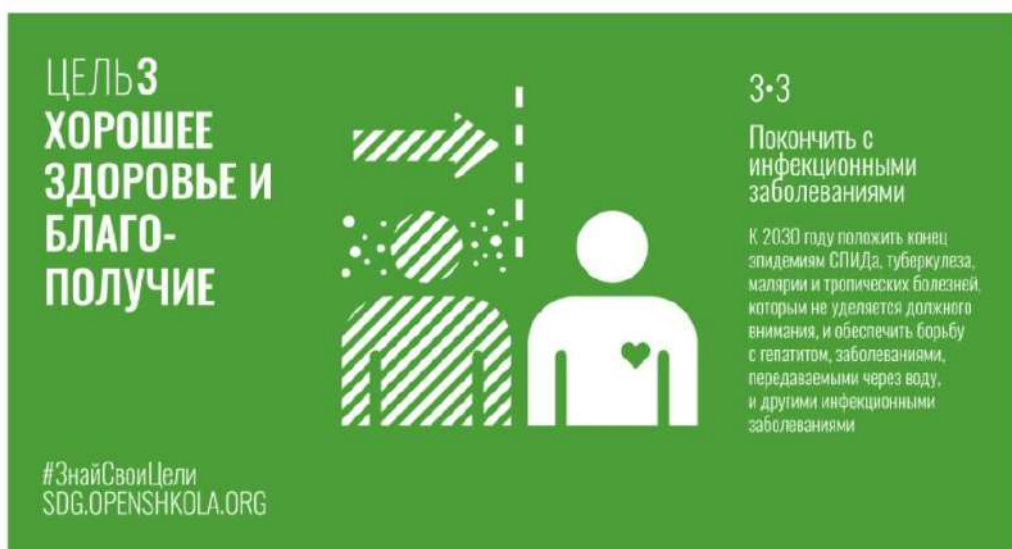


2. Краткая идея проекта

Здравоохранение очень важно для любой страны, особенно сегодня. Медсестры решают большой объем задач на работе и часто чувствуют себя перегруженными. Мы создали робота, который будет выдавать таблетки пациентам, по RFID метке. Таким образом мы можем снять часть нагрузки с медсестер и обезопасить их от заражения коронавирусом.

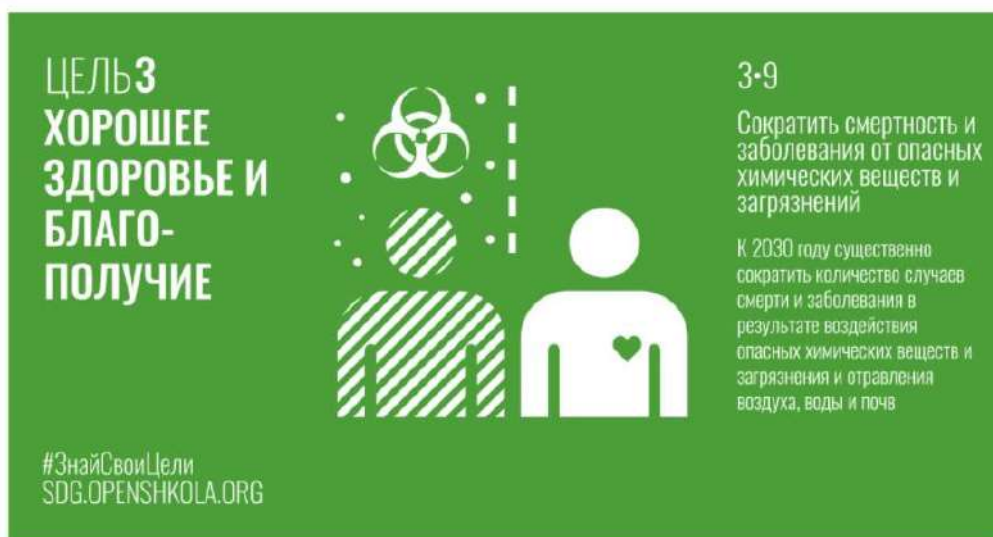


Наш проект тесно связан с целью устойчивого развития №3 “Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте”.



В настоящее время мир переживает беспрецедентный глобальный кризис в области здравоохранения – COVID-19 распространяет человеческие страдания, дестабилизирует мировую экономику и в корне изменяет жизни миллиардов людей во всем мире.

Решающим вопросом в борьбе с вирусом COVID-19 является здоровье медицинских работников, которые жертвуя своим здоровьем, помогают своим пациентам, часто работая без перерывов и сна. Поэтому основной целью нашего проекта было решить проблему загруженности медсестер и обезопасить их от заражения вирусом.



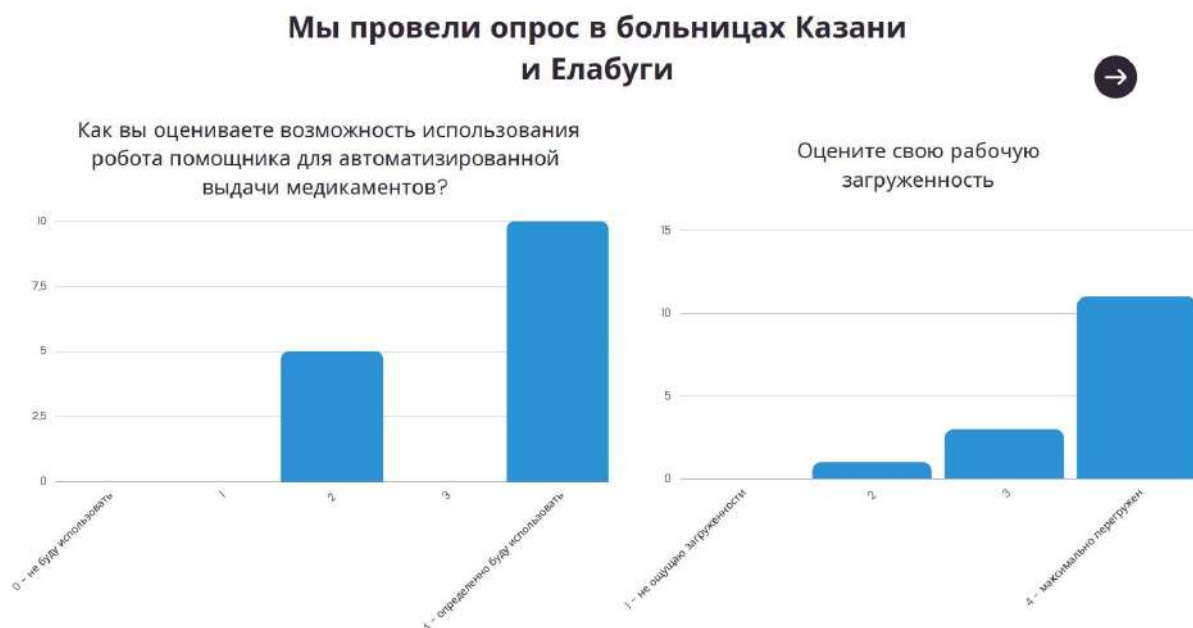
Наш проект полезен тем, что является автономным, робот Nurse 2.0 способен самостоятельно передвигаться и выдавать лекарство. Робот является ответной мерой в противостоянии с вирусом.

Использование робота Nurse 2.0 в реальной жизни, поможет снять часть нагрузки с медсестер и обезопасить их от заражения коронавирусом.

Наш проект важен, потому что он пытается сохранить здоровье медицинских работников.

3. Этапы разработки проекта

Идея создания Робота появилась в июне 2021 году. Мы провели опрос в больницах города Елабуга. Мы попросили сотрудников больницы оценить свою загруженность и оценить возможность использования робота для выдачи медикаментов. Ниже вы можете ознакомиться с данными этого опроса.



Получив данные, мы начали его разработку.

Изначально робот был полностью собран на Lego, но его конструкция не отвечала необходимым требованиям, была не прочная и низкая.

Поэтому мы приняли решение использовать Tetrix в качестве скелета нашего проекта, так как детали Tetrix выполнены из металла, что придает проекту конструктивную жесткость.

В работе Nurse 2.0 мы частично ушли от использования Lego EV3 и стали использовать микроконтроллер Arduino Uno, изменили систему подачи

таблеток. Теперь мы можем обеспечить выдачу таблеток десяти индивидуальным пациентам благодаря использованию системы RFID меток.

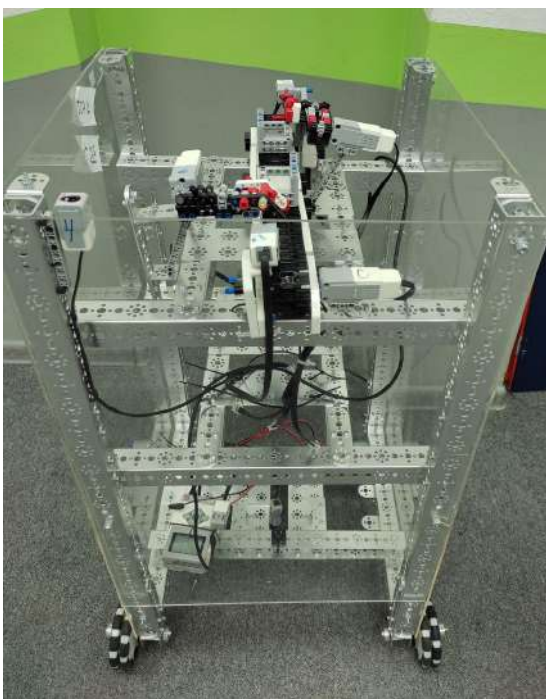
Тем не менее нам предстоит еще большая работа, чтобы научить робота ориентироваться в пространстве. Мы рассматриваем несколько систем, с использованием Lidar и контрольными метками на стенах для ориентации робота в пространстве. Вы обязательно увидите эту систему в работе Nurse 3.0.

4. Роботизированные решения использованные в нашем проекте

Как нам пришла в голову эта идея?

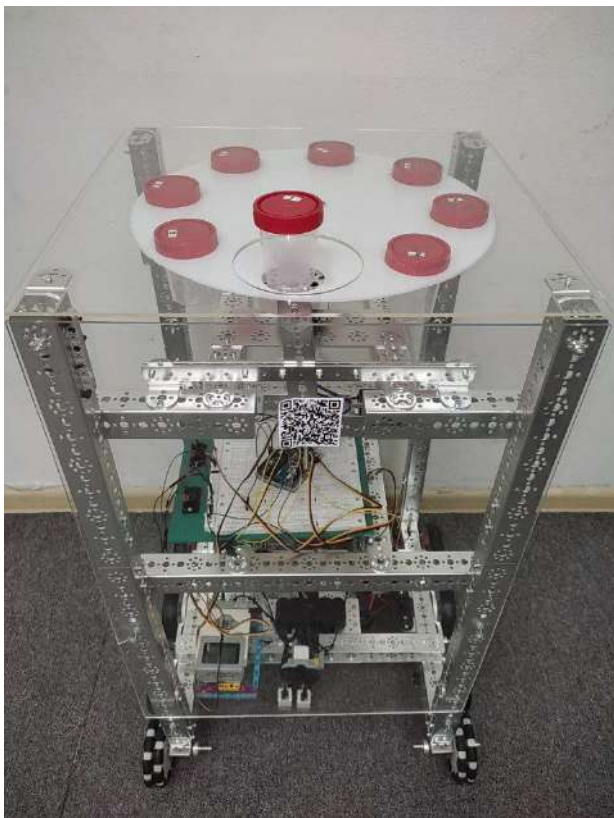
Идея создания робота Nurse пришла нам в голову, после того как учителя показали нам видео про ковидный госпиталь и как тяжело там работать. У медицинских работников очень длинные смены, чаще всего они живут прямо в госпитале, чтобы не распространять вирус.

Мы начали думать как можно облегчить рабочий процесс для медицинских работников и у нас появилась идея создания робота Nurse.



На фото первая модель робота Nurse 1.0

Первого робота мы показали в июне 2021 года. У нас было время, чтобы протестировать его и понять в чем его слабые стороны. Весь накопленный опыт создания и эксплуатации первого поколения мы использовали в втором. Сейчас поясню, чем робот Nurse 2.0 отличается от предыдущего.



Робот Nurse 2, в который загружены 10 контейнеров с таблетками.

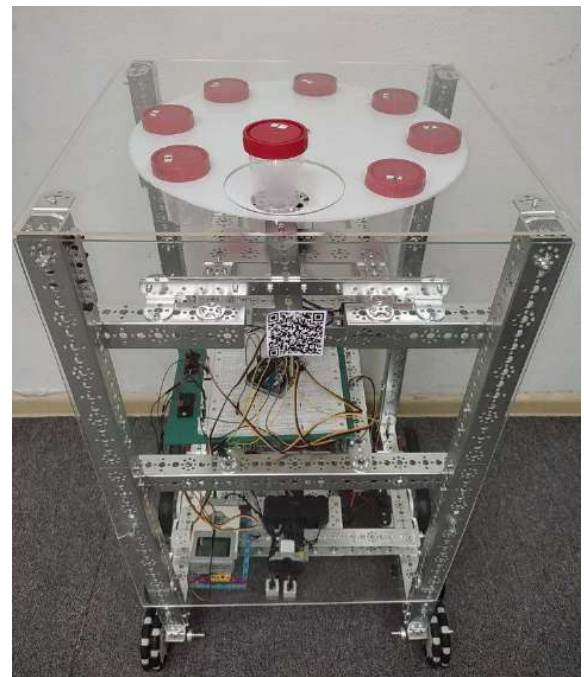
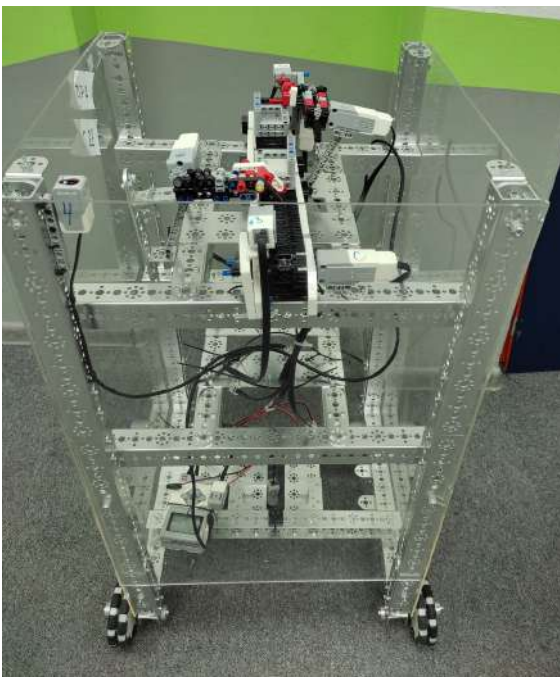
Робот стал вместительнее. Теперь мы можем перевозить до 10 контейнеров наполненных таблетками, для 10 индивидуальных пациентов. В робот первого поколения помещалось всего 8 таблеток, для 2 пациентов.

Робот первого поколения использовал контроллер EV3 для управления моторами и датчиками Lego “головы” робота при выдаче таблеток. Во втором мы используем микроконтроллер Arduino Uno и RFID модуль.



Команда Alabuga International School на региональном чемпионате РРО в Татарстане.

У робота первого поколения была проблема с шасси, у него было по 2 колеса на каждой оси (одно на моторе и одно всенаправленное Omni колесо). Робот часто пробуксовывал и сбивался даже с прямого маршрута. Теперь на каждой оси по 4 колеса, которые связаны между собой зубчатой передачей. Мы оставили по одному всенаправленному Omni колесу, для того чтобы можно было удобнее перевозить робота персоналу больницы. Масса робота - 11 кг, максимальная скорость - 3 км/ч.



Два поколения роботов Nurse, слева направо: Nurse 1, Nurse 2

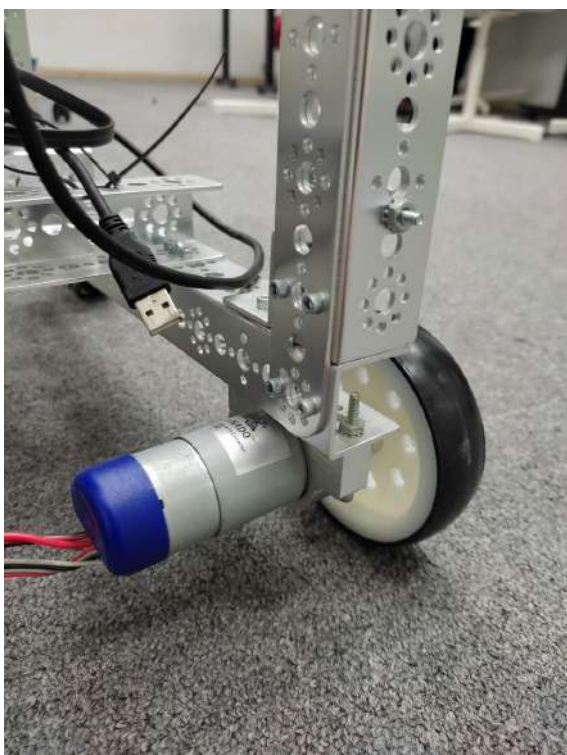
Робот Nurse 1.0: как всё начиналось

Мы начали разработку робота медсестры в июне 2021 года. Прототип старались делать используя контроллер, моторы и датчики от Lego Ev3. Ведь мы тогда не знали, каким должен быть робот.

Шасси и колеса

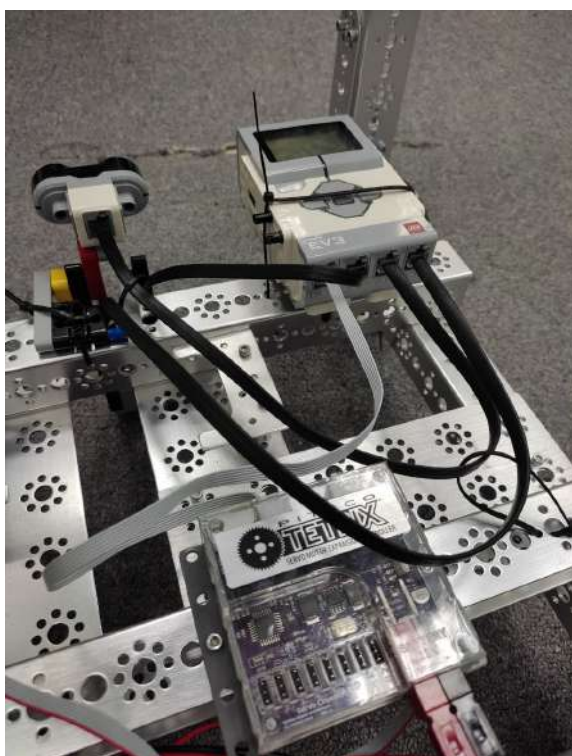
Первый прототип робота был полностью собран на базе конструктора LEGO. Конструкция была непрочной, оси колес прогибались под весом конструкции. Мы заново собрали каркас робота, уже используя железный набор Tetrrix Max. Корпус стал конструктивнее жестче.

Для робота первого поколения мы взяли 4-дюймовые колеса от TetrrixMax, которые прикрепили к электромотору со встроенным энкодером TETRIX MAX TORQUENADO 44260. Эти два мотора были ведущей парой, расположенной на задней оси робота. Впереди робота мы поставили 2 всенаправленных колеса.



*Шасси первого поколения робота
Nurse 1.0*

Мы столкнулись с проблемой программирования электромоторов, так как было необходимо согласовать между собой контроллер EV3 и датчики LEGO и моторы Tetrrix Max. Решением этой проблемы оказался контроллер 44354, который позволяет соединить между собой контроллер EV3 и датчики LEGO и моторы Tetrrix Max.

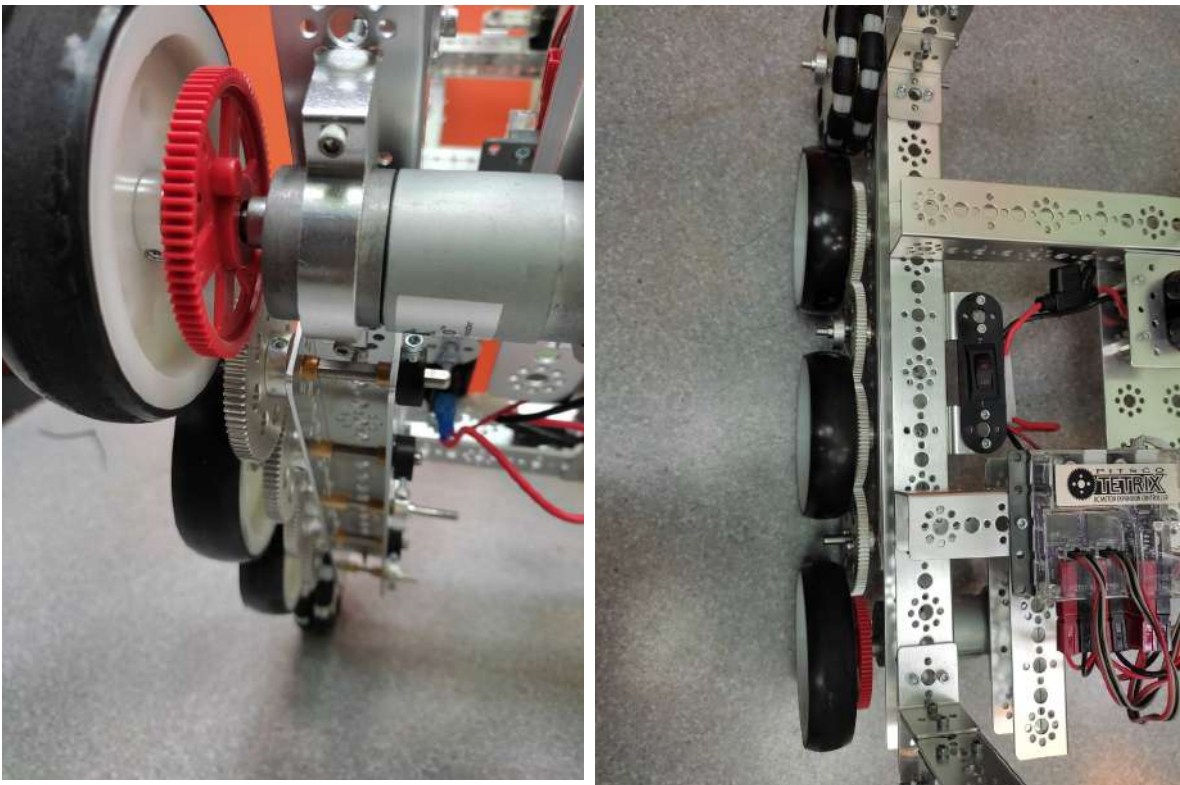


Контроллер 44354 на корпусе робота

Движение робота теперь можно было запрограммировать, но его маневры были часто неуправляемы, так как из-за большого веса конструкции колеса пробуксовывали.

В роботе второго поколения мы постарались решить данную проблему. Мы добавили еще по 2 колеса и соединили их зубчатой передачей. В итоге у нас получился 6-колесный робот. На тестовых заездах, мы поняли что получили от данного механизма желаемый результат. Робот стал устойчивее и мы избавились от пробуксовки колес. Мы оставили по одному всенаправленному Omni колесу с каждой стороны, но приподняли их на 2 см от пола, для того чтобы можно было удобнее перевозить робота персоналу больницы.

Шасси робота мы питаем от литий-ионный аккумулятора Tetrix емкостью 3000мАч.



Шасси и колеса робота второго поколения

Сенсоры

На роботе первого поколения мы использовали 2 датчика цвета для езды по установленному маршруту вдоль линии, но данная система очень часто сбивалась и не зарекомендовала себя на практике.

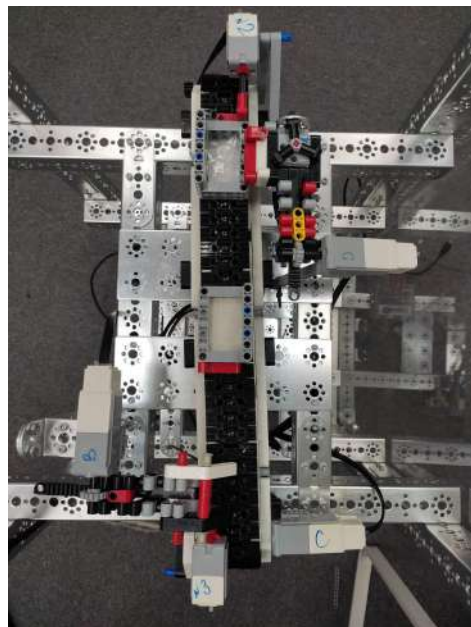
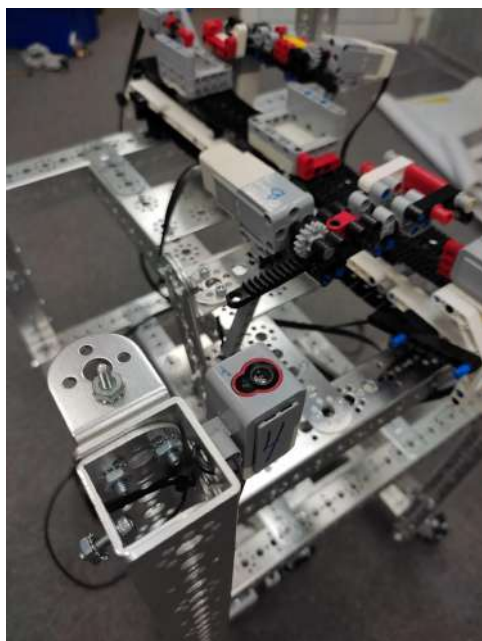
Робот Nurse 2.0 как и робот первого поколения для ориентации в пространстве использует ультразвуковой датчик. Робот движется до тех пор пока в область датчика не попадает пациент, далее робот останавливается и переходит в режим ожидания.

Для нас по прежнему открыт вопрос о системе ориентации робота в пространстве для его автономной работы в госпитале. Мы рассматриваем несколько систем, с использованием Lidar и контрольными метками на

стенах для ориентации робота в пространстве. Также мы рассматриваем систему парктроник, которая установлена на роботах-курьерах Yandex. Безопасность пациентов - это самое главное в создании робота медсестры.

Система выдачи таблеток

В первом поколении робота Nurse система выдачи таблеток была собрана конструкторе Lego Ev3. После того как пациент подносит браслет (красный/синий цвет), датчик цвета отправляет сигнал на контроллер EV3. Контроллер EV3 отправляет полученный сигнал на мотор конвейера, на котором стоит ячейка выдачи. Конвейер движется в сторону выбранного цвета, до тех пор пока ячейка не коснется датчика касания. Датчик касания отправляет сигнал на блок EV3. Далее контроллер отправляет сигнал на мотор управляющий выдачей таблеток и посылает одну таблетку выбранного цвета. Далее ячейка движется к окошку выдачи, звучит сигнал, оповещающий пациента о том что он может забрать таблетку.



Система выдачи лекарств на роботе первого поколения

При такой подаче мы могли выдать лекарства только двум пациентам, с максимальным количеством таблеток 4 штуки на каждого.

В работе второго поколения мы полностью отказались от Lego. Думая над решением мы пробовали 2 варианта: машинное зрение, с индивидуальными QR кодами для пациентом и RFID модуль, с индивидуальными метками. Система с распознаванием QR кодов работала слишком медленно и мы не смогли вписать ее в концепт нашего робота, поэтому мы выбрали вариант с RFID модулем.

Мы взяли стандартный RFID модуль Mifare RC522 подключили к нему сервомотор HS-458HB. Уже на тестах данная система показала себя очень эффективной, с быстрым откликом на метку.

Вопрос был в том, как выдавать лекарства. Достаточно быстро мы нашли решение, нам нужен был дешевый вариант из нетоксичного и стерильного пластика. Этим вариантом оказался 60-миллилитровый контейнер для биопроб со стоимостью 10 рублей за 1 контейнер на розничном рынке.

В программе RDWorks мы нарисовали чертеж барабана в который может поместиться 10 таких контейнеров.

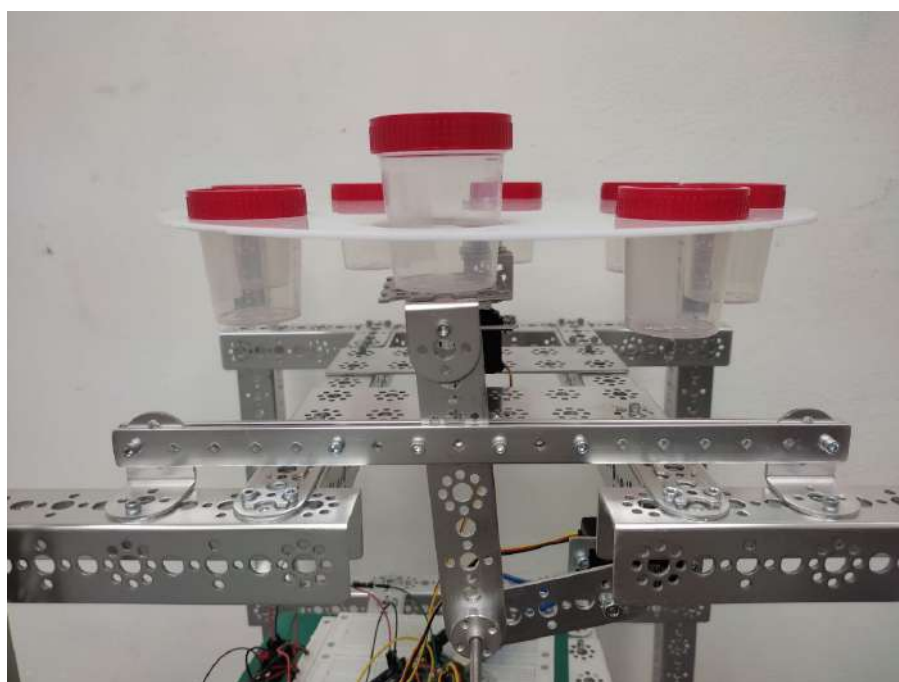


Барабан для выдачи лекарств и установка барабана на робота

Мы закрепили барабан на сервомотор способный вращаться на 180 градусов и установили на конструкции.



Дальше нам нужно было придумать механизм для выталкивания контейнеров. Мы взяли классический сервомотор HS-458HB, немного поэкспериментировали и на выходе у нас получилась достаточно надежная и простая система. Мотор из положения 0 вращается на 60 градусов и возвращается в положение 0.



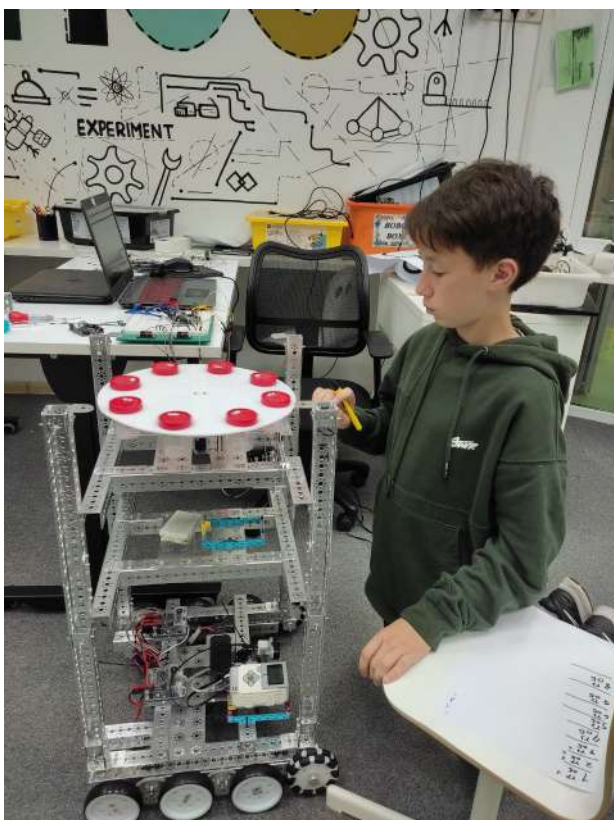
Механизм для поднятия банок с таблетками

Мозги

Для управления системой выдачи мы используем микроконтроллер Arduino Uno, в первую очередь из за его доступности. Для программирования мы используем официальное приложение Arduino. В код программы мы вносим индивидуальные номера меток, к которым привязываем положение каждого контейнера на барабане. Каждый раз, когда пациент подносит метку к RFID модулю, программа сверяет код поднесенной метки с уже записанными кодами.

Если код совпадает, сервомотор, на котором закреплен барабан с банками, начинает вращаться и останавливает контейнер над системой выдачи. Далее срабатывает сервомотор поднимающий контейнер. В поднятом состоянии он находится 10 секунд, после чего механизм опускается и барабан переходит в нулевую позицию ожидания.

Для программирования шасси мы используем приложение Lego с расширением для программированием моторов Tetrrix Max.



```
{
  tone(5, 200, 500);
  servo.write(45);
  delay(5000);
  tone(5, 500, 500);
  servo.write(0);
  delay(1000);
}

if (uidDec == 1815703055) //2nd metka, cup 2
{
  servoHead.write(54);

  delay(3000);

  tone(5, 200, 500);
  servo.write(45);
  delay(5000);
  tone(5, 500, 500);
  servo.write(0);
  delay(1000);

  servoHead.write(12);
}

if (uidDec == 3157945871) //3rd metka, cup 3
{
  servoHead.write(96);
```

Отладка системы выдачи лекарств и фрагмент кода

Ссылка на GitHub <https://github.com/MrMax123456/Robot-Nurse-2.0.git>

Итоги

За один год нам удалось с нуля спроектировать, собрать и запустить прототип робота и даже протестировать его в больнице. За май и июнь наш робот эволюционировал до версии 2.0, мы изменили шасси и полностью заменили систему выдачи, увеличив число пациентов с двух до восьми человек.

Аналоги Робота Nurse

Перед тем как начать собирать робота мы провели исследовательскую работу по поиску аналогов нашего робота. Мы нашли автоматизированного робота, который установлен в одной из больниц в Шанхая [1].

Больница искала решение, которое могло бы упростить деятельность аптечной службы и повысить уровень безопасности процесса отпуска лекарственных препаратов в стационаре.

Решением стала система автоматизации для аптек. Ее отличительная особенность — роботизированная система хранения Robot Mini Load (RML) и синхронизированная с ней система захвата предметов из контейнера типа bin picking (робот применяет 3D-камеру и достает нужные предметы из контейнера). Данные технологии предназначены для организации хранения, поиска, перемещения и сортировки лекарств в соответствии с назначениями в рецепте. Система по умолчанию оборудована трехмерным машинным зрением и технологией машинного обучения, которая помогает роботу со временем улучшать качество выполнения задач. В отличие от сотрудников, которые могут допускать ошибки, автоматизированная система работает с большей точностью,

соответственно, представляя собой более продвинутый и безопасный способ отпуска лекарственных препаратов.



В небольшой застекленной комнате стационара больницы размещены два робота АВВ. Они берут лекарства с полок, расположенных по кругу, и готовят их для выдачи пациентам. Функция автоматического отпуска лекарств реализована на основе синхронной работы автоматизированной системы RML с использованием робота IRB 2600 компании АВВ, системы захвата предметов из контейнера bin picking и малого робота IRB 1200, спроектированного для высокоскоростной работы в помещении площадью чуть более 16 кв. м.

Системе RML необходимо около 10 с, чтобы определить местоположение и переместить контейнер с лекарствами. В час она может обрабатывать до 360 контейнеров. Одновременно вторая роботизированная система может подготовить около 720 лекарственных препаратов. Оба робота могут работать и днем и ночью, не делая ошибок и не уходя на перерыв.

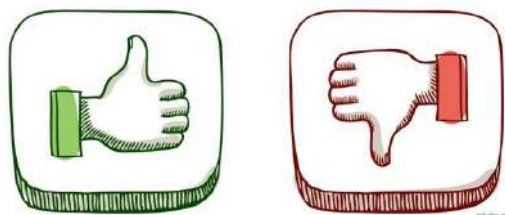
Преимущества автоматизации

Согласно китайским нормативам для отпуска лекарств необходимо присутствие квалифицированных фармацевтов, что приводит к нехватке квалифицированных специалистов в аптеках. Это, а также низкий интерес к работе, предусматривающей повторяющиеся и скучные задачи (например, инвентаризацию), способствовало тому, что управление аптекой, где все процессы выполняются вручную, стало дорогостоящим. Анализ, проведенный АВВ, показывает, что за счет автоматизации процесса задачу можно выполнять на 50% быстрее, чем вручную. Дополнительное преимущество состоит в том, что роботы могут работать 24 ч в сутки. Вместо того чтобы тратить часы на заполнение рецептов, сотрудники могут решать более интеллектуальные задачи, которые требуют критического мышления.

Отпускающие лекарства роботы могут также значительно снизить количество ошибок, которые неизбежны при выполнении этой работы человеком. С помощью изображений, хранящихся в системе 3D-камеры, можно отслеживать каждый лекарственный препарат, обрабатываемый системой, тем самым повышая надежность всего фармацевтического процесса.

Немаловажно и то, что благодаря компактному размеру и модульной конструкции роботизированную систему для аптечной службы можно при необходимости перемещать по территории больницы.

Плюсы и минусы в сравнении с нашим роботом.



Конечно, пока прототип нашего робота уступает роботу из Шанхайской больницы. Очевидным плюсом Шанхайского робота является программное решение, реализованное на трехмерном машинном зрении и технологии машинного обучения. Также конструкция робота реализованная на базе робо-руки ABB, является надежным решением.

Не смотря на огромную пользу от робота, расположенного в Шанхайской больнице, его основным минусом, на наш взгляд, является отсутствие мобильности. В своем проекте мы прежде всего хотим решить проблему выдачи лекарств для зараженных пациентов, которым нельзя выходить из палаты и контактировать с другими пациентами и врачами. В будущем мы хотим объединить наш проект и робота как в Шанхайской больнице. Это максимально снизит нагрузку на медицинских работников и полностью завершит цикл выдачи и получения медикаментов для всех категорий пациентов.

5. Социальное взаимодействие и инновации

После того как наш прототип был готов и мы провели испытания в школе мы пришли в Елабужскую больницу, чтобы провести настоящее испытания. Конечно же нас не пустили в ковидный госпиталь, но разрешили провести испытания в общем помещении со свободным доступом.



Мы раздали всем посетителям браслеты двух цветов и предложили испытать робота.



В зависимости от цвета браслета, робот выдавал таблетку из первого или второго лотка.



Все пациенты отметили необычный подход к решению проблемы и проявили интерес. Все без исключения отметили необходимость и важность такого робота в больницах.

6. Стоимость и окупаемость

Стоимость робота - это очень важный момент. Если робот будет стоить слишком дорого, то будет очень сложно найти финансы для развития проекта.

Стоимость работа первого поколения

| СТОИМОСТЬ ПРОЕКТА | | | |
|---------------------|----------|------------|---------------------|
| | ЦЕНА (Р) | КОЛИЧЕСТВО | ОБЩАЯ СТОИМОСТЬ (Р) |
| ТЕТРИКС | 70.666 | 1 | 70.666 |
| ЛЕГО EVE 3 | 60.000 | 1 | 60,000 |
| ПЛАСТИК | 60 | 5 | 300 |
| КОНТРОЛЛЕР4435 4 | 24.750 | 2 | 49.500 |
| СТЯЖКИ | 393 | 1 | 393 |

**ФИНАЛЬНАЯ ЦЕНА:
180,859**

На работе второго поколения нам удалось уменьшить стоимость почти в 2 раза. Это стало возможным благодаря тому, что мы заменили контроллер Lego, сервомоторы и датчики Lego Ev3 на Arduino Uno и RFID модуль. Итоговая цена работа второго поколения составила 100470 рублей.

Ниже приведена таблица стоимости работа второго поколения

| № | Наименование | Кол-во,шт | Цена, руб |
|--------------|------------------------------------|-----------|---------------|
| 1 | Arduino Uno | 1 | 2940 |
| 2 | TETRIX MAX TORQUENADO 44260 | 2 | 14600 |
| 3 | RFID модуль | 1 | 300 |
| 4 | RFID метки | 10 | 300 |
| 5 | Контейнер из стерильного пластика | 20 | 200 |
| 6 | Сервомотор | 3 | 4230 |
| 7 | Аккумуляторная батарея Tetrrix | 1 | 18980 |
| 8 | Всенаправленное колесо | 2 | 6520 |
| 9 | Колесо | 6 | 4800 |
| 10 | Набор Lego EV3 контроллер, датчики | 1 | 30000 |
| 11 | Металлические детали | n/a | 10000 |
| 12 | Пластик прозрачный, м2 | 2 | 2000 |
| 13 | Пластик белый, м2 | 1 | 1000 |
| 14 | Провода соединительные, уп | 2 | 500 |
| 15 | Powerbank | 1 | 3000 |
| 16 | Макетная плата | 1 | 1000 |
| 17 | Зуммер | 1 | 100 |
| Итого | | | 100470 |

Несмотря на высокую стоимость, наш робот сможет сэкономить около 1 млн рублей и самое главное - забрать часть нагрузки с медицинских работников.

Окупаемость робота Nurse

Наш робот стоит 100470 рублей, в среднем Российская медсестра зарабатывает 43018 рублей в месяц [3].

Медсестры проводят приблизительно 35% рабочего времени в работе с пациентами [4]. И это самая большая часть их работы.

Если мы будем использовать нашего робота, то больницы смогут сохранить примерно 1 600 000 рублей за 5 лет. Эти деньги можно использовать по другим назначениям. Также это снизит нагрузку медсестер.

Канва бизнес-модели

| | | | | |
|--|--|---|---|--|
| Ключевые партнеры Производители лекарств Министерство здравоохранения | Ключевые действия Производство и получение лицензии для работы в медицинских учреждениях | Ценностное предложение Безопасность медицинских работников Способность работать в любых условиях | Взаимоотношения с клиентами Каждый клиент (госпиталь) индивидуален | Сегменты клиентов Медсестры Пациенты Больницы, у которых нехватка персонала. |
| | Ключевые ресурсы Бренд Технология | | Каналы Приложение Robot Nurse. Сайт Robot Nurse | |
| Структура издержек Производство и получение лицензии для работы в медицинских учреждениях Маркетинг | | | Потоки доходов Периодическое техническое обслуживание Аренда Цена зависит от функций и типа клиента (госпиталя) | |

1. <https://controleng.ru/otraslevye-resheniya/meditsina/roboty-dlya-vydachi-lekarstv/>
2. <https://nursegrid.com/surveys/a-pandemics-toll-on-nurses-january-2021/>
3. [Итоги федерального статистического наблюдения в сфере оплаты труда работников социальной сферы и науки \(rosstat.gov.ru\)](https://rosstat.gov.ru)
4. [Nurses' Time Allocation and Multitasking of Nursing Activities: A Time Motion Study - PMC \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/)