

**Комитет по науке и высшей школе**  
**Конкурс «Поддержка научного и инженерного творчества школьников**  
**старших классов»**

**Название конкурсной работы**

3D СКАНИРОВАНИЕ – ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СКАНЕРА НА ОСНОВЕ X-BOX KINECT

**Номинация конкурса**

ФИЗИКА

Регистрационный номер \_\_\_\_\_  
(присваивается при регистрации)

Краткая аннотация конкурсной работы (не более 100 слов)

Работа посвящена технологиям 3d сканирования и обзору принципов работы 3D сканеров, рассмотрено понятие 3d модели и способов ее отображения в цифровом формате. Приведены принципы измерения расстояния и методы их расчета. Изучен модельный ряд представленных на рынке устройств 3d сканирования, а также подробно рассмотрены их технические характеристики. Проведены эксперименты по определению разрешающей способности сканера

Санкт-Петербург

2019 г

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Принципы работы сканера.....	4
2. Постановка задачи и выбор оборудования .....	7
3. Постановка эксперимента .....	9
4. Описание измерительной установки .....	11
5. Результаты .....	12
Заключение .....	13
Список Использованных Источников.....	14

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной работы заключается в увеличивающейся популярности 3Д сканеров. 3Д сканеры применяются при диагностике неисправностей у устройств, при создании высококачественных объемных моделей для компьютерных игр и симуляторов, а так же для моделирования интерьеров. 3Д сканеры становятся все более доступным оборудованием, что позволяет частным лицам использовать их в своих целях. Поэтому важно понимать основные принципы сканирования, виды сканирования, а так же иметь представления о характеристиках сканеров представленных на рынке. Для того чтобы выбрать необходимый 3д сканер.

Предметом исследования служит обзор имеющихся технологий 3д сканирования и готовых продуктов, представленных на рынке. А так же обзор программного обеспечения необходимого для синхронизации работы сканера и персонального компьютера.

Объектом исследования является 3д сканер Kinect.

Целью работы является предоставление структурированных знаний и представлений о технологиях 3д сканирования и приобретение навыков необходимых при выборе 3д сканера и проверка методики оценки.

Задачами для данной цели являются:

- введение понятия 3д модели. Простейших стандартов и расширений.
- объяснение принципов измерения дальности и цвета.
- разработка классификации 3д сканеров по основным параметрам.

Научно-практическая значимость полученных результатов заключается в апробации методики измерения в применении к программно-аппаратному комплексу 3д сканера Kinect и программы Skanect

## 1. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ СКАНЕРА

Сканер нужен для формирования модели сканируемого объекта. Обычно используют модель, формирующую объект множества из простых плоских фигур, обычно треугольников. Почти любое тело можно смоделировать с достаточной точностью (те расстояние между любой точкой поверхности и ближайшей точкой модели можно сделать сколь угодно малым за счет увеличения числа треугольников в модели). Треугольники описываются координатам своих углов. Именно эти координаты и определяет сканер. Точнее, сканер определяет координаты точек поверхности тела исходя из своего внутреннего устройства, а потом полученная информация пересчитывается программой в координаты вершин треугольника.

Получить координаты можно несколькими способами:

- Контактным сканированием. Можно провести по телу тонкой иглой, как-бы нанося штриховку. Фиксируя движение иглы, можно определить форму тела. Не для всякой поверхности такая процедура безопасна..

- Лазерный интерференционный дальномер способен определять расстояние с точностью около миллиметра. Если системой зеркал заставить луч лазера обойти поверхность тела примерно, как у контактного сканера, то тоже можно получить информацию о форме тела. Для получения точной информации требуется очень точная система зеркал. Применяется в автомобильных лидарах (быстро, много точек, не очень точно) и в системах размерного контроля / геодезическом оборудовании. (рис. 1)

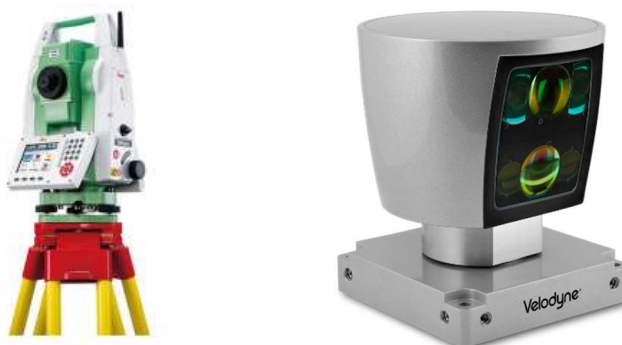


Рисунок 1 – Геодезическое оборудование и автомобильный лидар

– Параллаксный сканер с фиксированным параллаксом. Принцип похож на устройство параллаксного дальномера, но вместо лазерной точки используется лазерная плоскость, пересечение с которой поверхностью объекта дает линию, фиксируемую камерой. Анализируя положение этой линии и зная расстояние между лазером и камерой, а также угол между лазерной плоскостью и оптической осью камеры можно узнать координаты точек некоторой линии на поверхности тела. Для получения полной поверхности тела надо вращать тело перед камерой, и зная угол поворота можно накрыть всё тело пучком линий. Обычно для этого используют вращающийся с постоянной скоростью круглый столик. Применяется в полупрофессиональных системах. Возможна замена лазерной плоскости на яркий проектор (рис. 2)

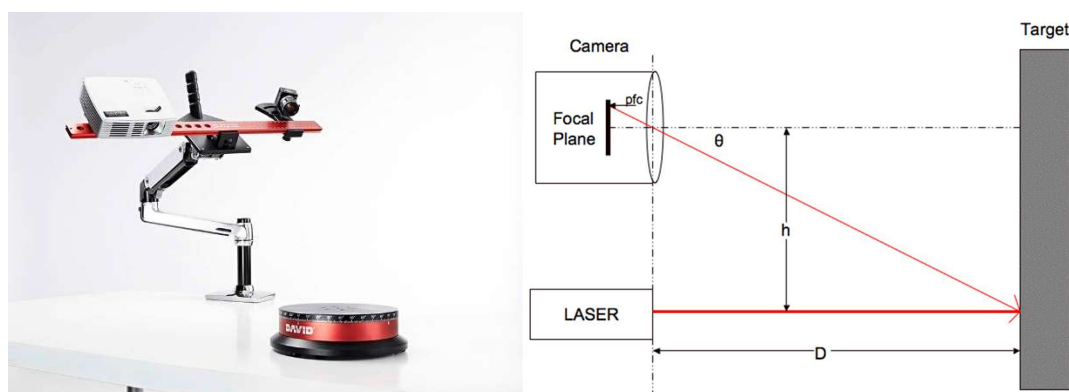


Рисунок 2 – Параллаксный сканер

– Параллаксный сканер с автоопределяемым параллаксом. В отличие от сканера с фиксированным параллаксом, в этом сканере лазерная плоскость свободно двигается – ее положение определяется по калибровочному заднику (который должен быть строго неподвижен относительно камеры). Применяется в любительских системах (рис. 3)

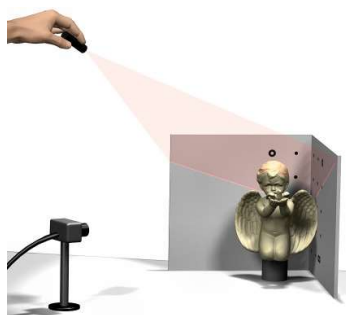


Рисунок 3 – Автоопределяемый параллакс

- SLAM-сканер. В нем камера движется относительно неподвижного объекта, и форма поверхности вычисляется по изменению получаемого изображения в сравнении с изменением положения камеры. Для определения движения применяются гироскопы и акселерометры. Применяется в мобильных телефонах

- Комбинированные системы для профессионального сканирования. Обычно комбинация фиксированного параллакса и SLAM (рис. 4)

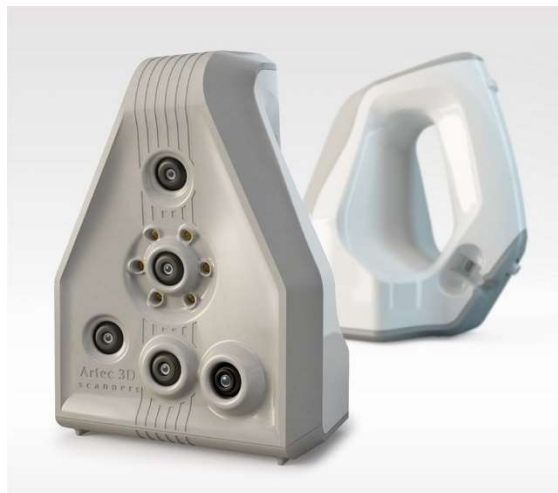


Рисунок 4 – Комбинированные системы сканера

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Задача должна была относиться к тематике 3D сканирования и использовать то оборудование, которое вероятно любом доме.

Для построения сканера, в зависимости от принципа действия требуется одна или две камеры, источник лазерного света или проектор, калибровочная доска и компьютер со специальным программным обеспечением.

В работе был использован Microsoft Kinect – сочетание обычной камеры и инфракрасного проектора и камеры с фиксированным параллаксом. Microsoft Kinect имеет обычную камеру для съемки в видимом свете, и инфракрасную камеру для получения информации о дальности. Разрешение обеих камер около 1 мегапикселя, но информация о дальности получается для картинки 160\*120 пикселей.

Проектор излучает сложный рисунок из неравномерных светлых и темных пятен, достаточно яркий чтобы в комнатных условиях различать сигнал проектора на фоне обычных источников света. Неоднородность засветки позволяет «узнавать» пятна, а параллакс – вычислять расстояние до них (рис. 5).

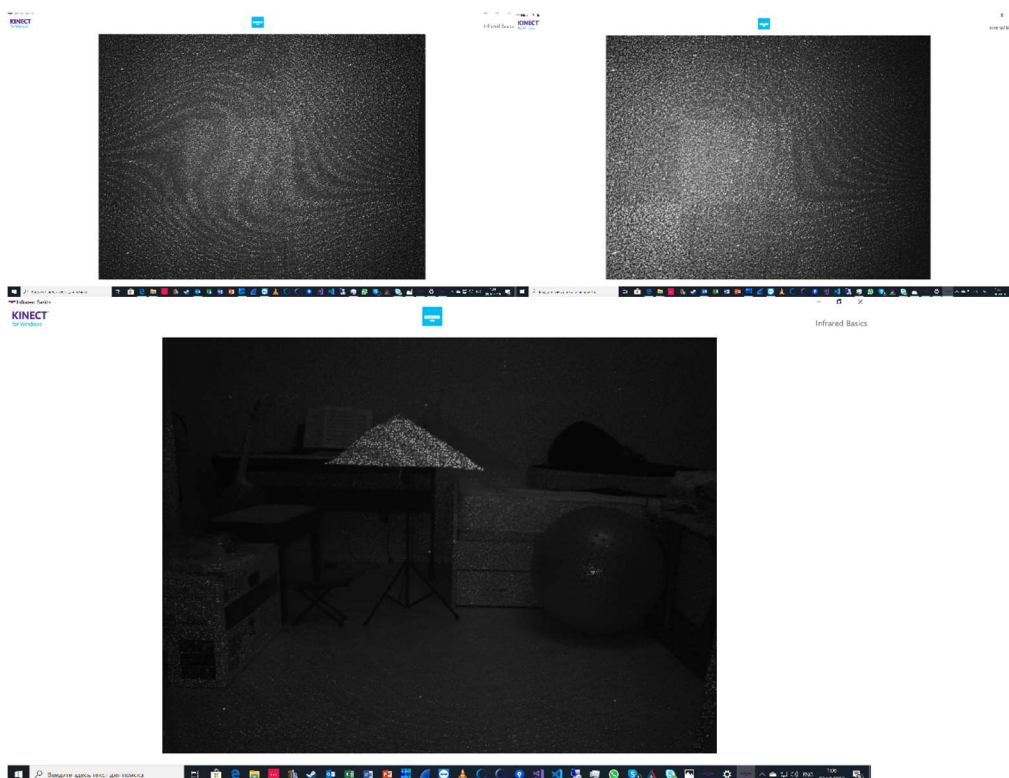


Рисунок 5 – Примеры съемок инфракрасной камерой

Для пояснения принципов работы Microsoft Kinect использовалась программа Infrared Basics из комплекта Kinect for Windows Developer Toolkit 1.8.0. Для получения моделей объектов – программа Skanect. Для оформления результатов – Paint.

Фактическое разрешение программно-аппаратного комплекса зависит от составляющих его частей. Учитывая, что разрешение основной камеры – 1 мегапиксель, а дальностной – существенно меньше, можно поставить задачу измерения реально достижимой разрешающей способности (она может быть лучше за счет правильной обработки движения – на этом основаны SLAM сканеры).



### 3. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для определения разрешающей способности обычно измеряют близко расположенные друг к другу объекты, расстояние между которыми плавно меняется. Граница разрешающей способности в таком случае – точка, где мы перестаем видеть разделитель между объектами. (рис. 6)

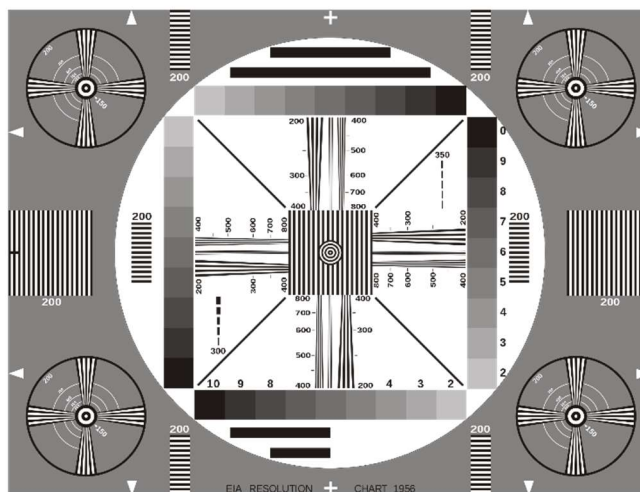


Рисунок 6 – Тестовая таблица разрешений

В нашем случае использован равнобедренный треугольник с очень острыми углами. По месту пропадания острой части угла позволяет оценить толщину объекта и соответственно линейную разрешающую способность.

Для пересчета линейных размеров в угловые используется определенная методика.

Известно, что угловой размер — это угол между линиями, соединяющими диаметрально противоположные точки измеряемого объекта и глаз наблюдателя.

На рисунке 7 показан угловой размер — это угол между линиями, соединяющими диаметрально противоположные точки измеряемого объекта и глаз наблюдателя.

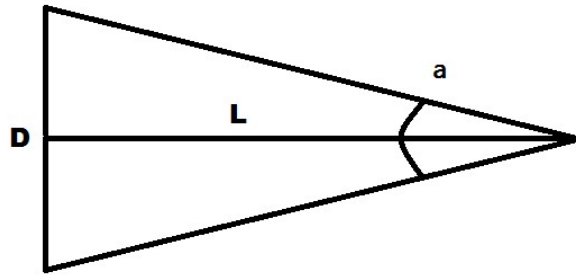


Рисунок 7 – Изображение углового размера

Для расчета соотношений существуют следующие формулы:

$$L = \frac{D}{2 \operatorname{tg} \frac{a}{2}}$$

$$D = 2L \operatorname{tg} \frac{a}{2}$$

$$a = 2 \operatorname{arctg} \frac{D}{2L}$$

Где  $D$  — измеряемый объект,

отрезок  $L$  — линия наблюдения, перпендикулярная отрезку  $D$  и являющаяся его серединным перпендикуляром,

$a$  — угловой размер отрезка  $D$ .

Таким образом, наблюдатель, зная, например, линейный размер объекта, по угловому размеру объекта может определить расстояние до него.

#### 4. ОПИСАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

На малозаметную перекладину на тонкой нити вешается треугольник. Для исключения мелких колебаний к нижней части треугольника подвешивается груз. Вертикальные полосы на треугольнике помогают визуально определить степень размытости углов. (рис. 8)

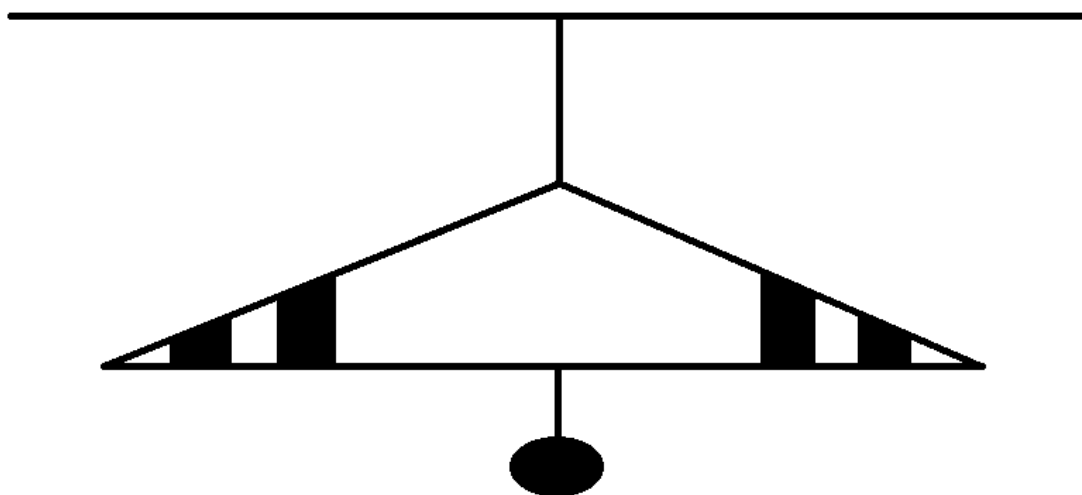


Рисунок 8 – Схема тестового объекта

Треугольнику придается слабое вращение и снимается неподвижной камерой в течение 10 секунд. За это время треугольник успеваает повернуться на 40-50 градусов. По серии снимков строится 3 д модель и выполняется текстурирование. Текстурированная модель фиксируется, и визуально определяется размер «пропавшей» части треугольника.

## 5. РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты работы сведены в таблицу 1. Расстояние и разрешение измеряется в миллиметрах измеряется линейкой. Разрешение в градусах рассчитывается путем перевода радианной меры в градусную.

Таблица 1 – Результаты работы

№ замера	Расстояние, мм (результат измерения)	Разрешение, мм (результат измерения)	Разрешение, град
1	500	10	1.14
2	600	10	0.95
3	750	12	0.92
4	1000	15	0.86
5	1200	20	0.95
6	1400	30	1.22
7	1600	40	1.45

По результатам работы можно построить график (рис. 9)

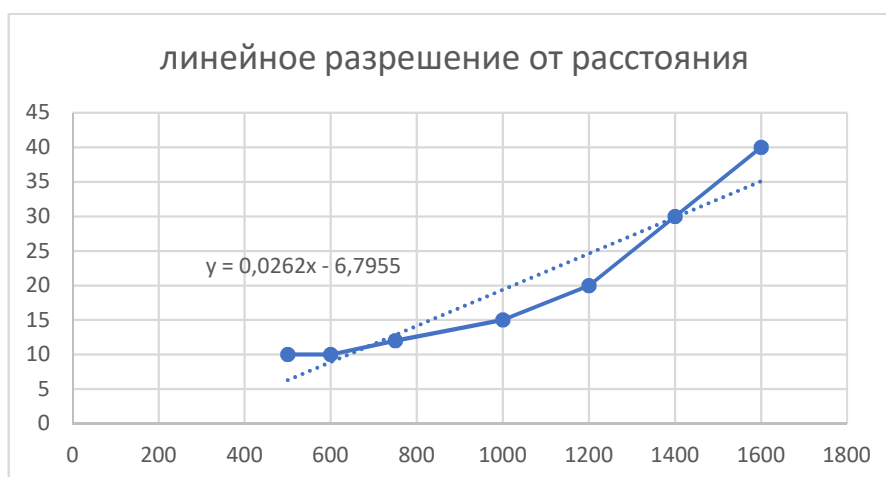


Рисунок 9 - Зависимость линейного разрешения от расстояния

На основании рисунка 9 можно сделать вывод, что при переходе от диапазона 500-1000 на диапазон 1000-1500 меняется наклон кривой – угловое разрешение скачком падает (видимо меняется режим работы датчика дистанции).

Сканер на основе Kinect пригоден для создания грубых моделей объектов по размерам сопоставимых с человеком, но не пригоден для бытовой трехмерной печати, т.к. не обладает достаточным линейным разрешением, пригодным для сканирования объектов размером 50-200 мм.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Итогом работы является понимание физического устройства 3Д сканнера, знание и понимание основных характеристик сканнера, а так же классификация этих устройств.

В процессе работы сделан обзор сканеров, а так же их предназначений. Обзор позволит выбрать наиболее пригодный для определенных условий 3д сканнер из представленных моделей.

В работе определена область применения сканера Kinect.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

3D сканер своими руками – Режим доступа: // <https://make-3d.ru/articles/3d-skaner-svoimi-rukami/>

ИIASAM Самодельный сканирующий лазерный дальномер – Режим доступа: // <https://habr.com/ru/post/393685/>

ИIASAM Самодельный фазовый лазерный дальномер – Режим доступа: // <https://habr.com/ru/post/213749/>

Slavik\_Kenny Почти DIY 3d сканер для дома – Режим доступа: // <https://habr.com/ru/post/367719/>

Баденко В. Л., Зотов Д. К., Федотов А. А. Построение информационных моделей существующих зданий на основе данных лазерного сканирования : учебное пособие : МГУДТ, 2015. - 174 с.

Веловатый Д. Очумелые ручки: как собрать 3D-сканер из подручных материалов и оцифровать реальность – Режим доступа: // <https://theoryandpractice.ru/posts/14722-ochumelye-ruchki-kak-sobrat-3d-skaner-iz-područnykh-materialov-i-otsifrovat-realnost>

Как использовать Xbox Kinect в качестве домашнего 3D-сканера – Режим доступа: // <https://ichip.ru/kak-ispolzovat-xbox-kinect-v-kachestve-domashnego-3d-skanera.html>

Новиков А. Н. и др. Современные технологии 3D-сканирования [Электронный ресурс]: учебное пособие : / - Москва : МГУДТ, 2015.

Осколков И. Делаем недорогой лазерный 3D-сканер своими руками – Режим доступа: // <https://3dnews.ru/621383>

Полилова Т. А. Технологии сканирования изображений: учебно-методическое пособие / Т.А. Полилова ; Моск. ин-т открытого образования. - Москва : МИОО, 2004. - 31 с.

Телевизионная испытательная таблица – Режим доступа: // [https://ru.wikipedia.org/wiki/Телевизионная\\_испытательная\\_таблица](https://ru.wikipedia.org/wiki/Телевизионная_испытательная_таблица)