

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)

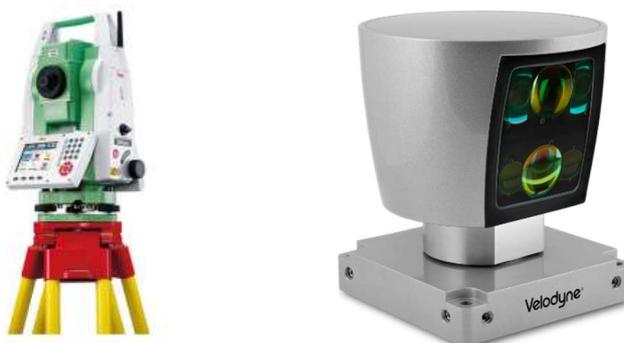


Рисунок 1 – Геодезическое оборудование и автомобильный лидар

– 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)

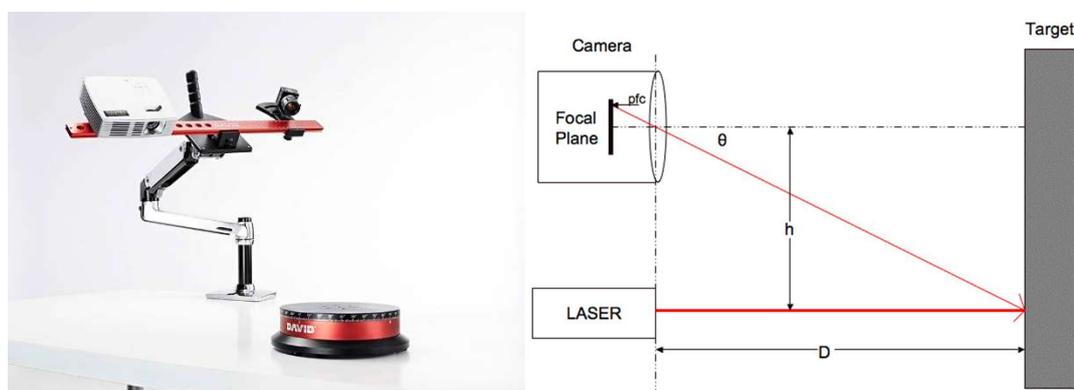


Рисунок 2 – Параллаксный сканер

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

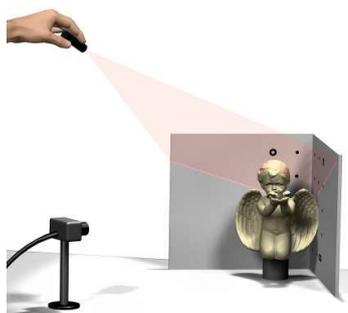


Рисунок 3 – Автоопределяемый параллакс

- 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).

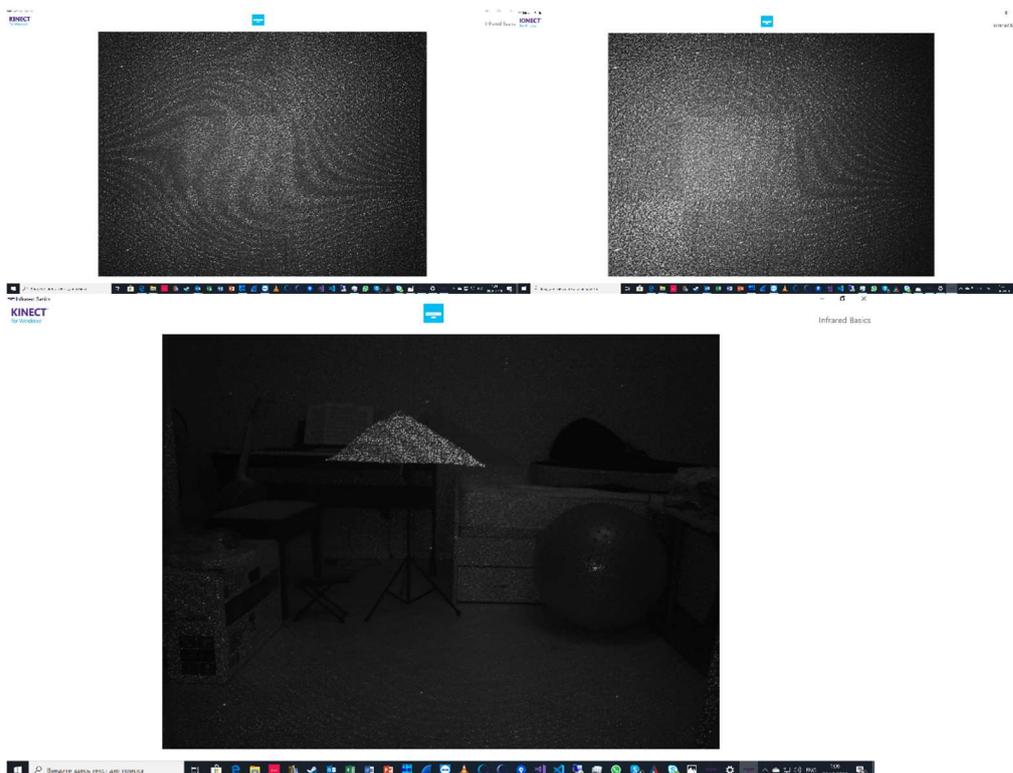


Рисунок 5 – Примеры съемок инфракрасной камерой

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)

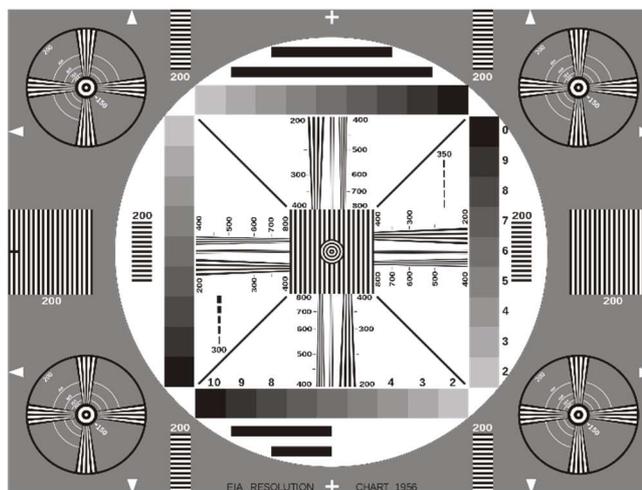


Рисунок 6 – Тестовая таблица разрешений

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.

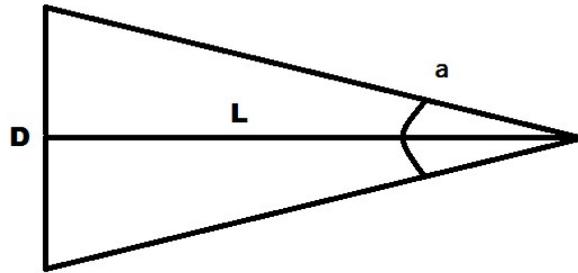


Рисунок 7 – Изображение углового размера

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)

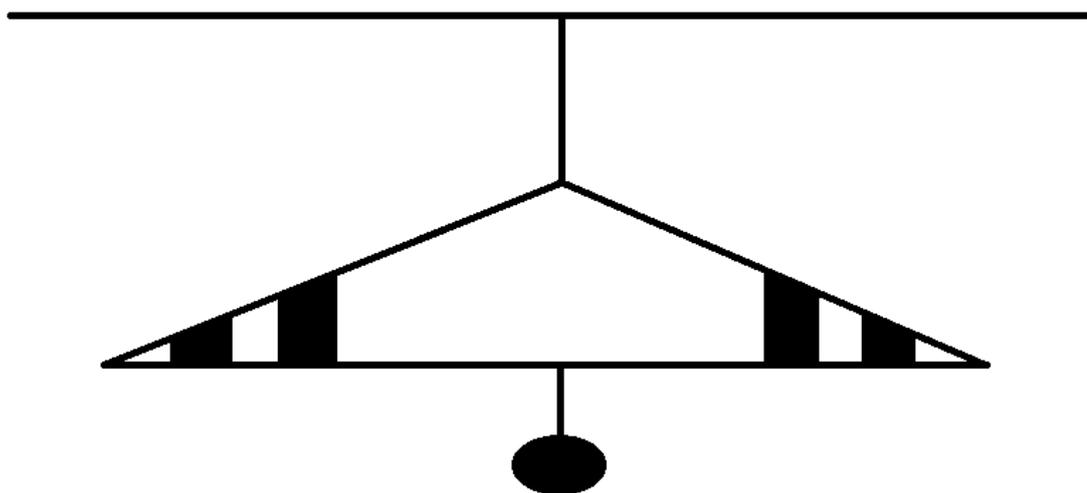


Рисунок 8 – Схема тестового объекта

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)

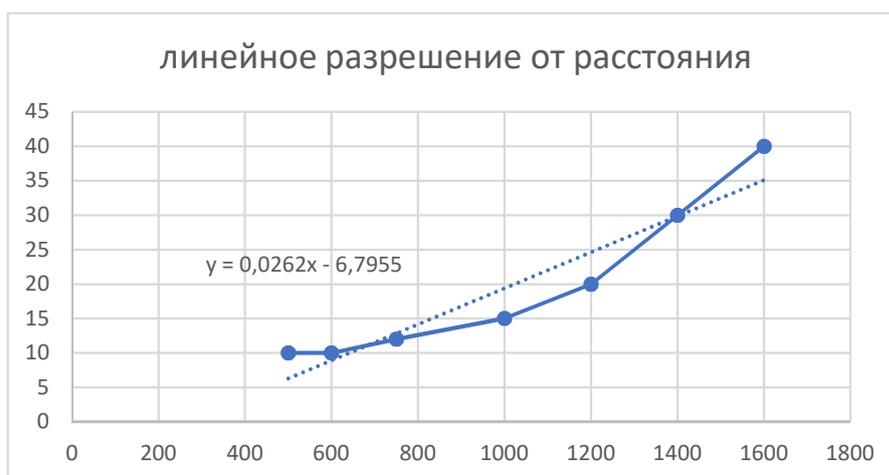


Рисунок 9 - Зависимость линейного разрешения от расстояния

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