

Міністерство освіти і науки України
Головне управління освіти і науки Дніпропетровської
облдержадміністрації
Дніпропетровське відділення МАН України

Відділення: Технічних наук
Секція: Авіа — та ракетобудування,
машинобудування і роботехніки

Вдосконалення засобів 3D сканування

Роботу виконав:
Воронов Сергій Сергійович
учень 9-Б класу
Дніпропетровського міського ліцею
інформаційних технологій

Науковий керівник:
Чашка Юрій Михайлович
Доцент ДНУ ім. О. Гончара

Дніпропетровськ – 2015

ТЕЗИ

до науково-дослідницької роботи

на тему

Вдосконалення засобів 3D сканування

Воронов Сергій Сергійович, учень 9-Б Дніпропетровського ліцею інформаційних технологій при Дніпропетровському національному університеті ім. Олеся Гончара.

Науковий керівник – Чашка Юрій Михайлович доцент ДНУ ім. О. Гончара

Науково-дослідна робота присвячена дослідженню методів і засобів 3D сканування. Дослідження проводиться за допомогою спеціально створеної установки. Дослідження стосується порівняння фізичних засобів вимірювання при скануванні, та математичних методів визначення координат сканованої поверхні об'єкту, визначення вимог до вузлів і кінематичної схеми 3D сканера, технології передачі даних між окремими програмами, які послідовно перетворюють сигнали сенсорів в електронну 3D модель. Комп'ютерна програма збирає вимірювальні данні, синхронізує управління двигуном і збір даних з оптичних сенсорів між собою. В результаті вдалося дослідити залежність діаграми відображення лазерного промінню від об'єкту сканування. Тим самим були отримані необхідні данні що до оцінки впливу нахилу площини і її кольора на оптичний сенсор. Ця залежність є суттєвою для сканування з одним лазером. Дослідження що до джерел похибки сканування ґрунтується додатково на аналізі кінематичної схеми рухомих вузлів сканера і контролера який поєднує управління скануванням і обчислює координати поверхні об'єкта, крім того досліджувались вимоги до формату даних, які передають координати сканування в координати поверхні електронної 3D моделі. Висновки досліджень стосуються рекомендацій що до оптичної схеми сканування, кінематичної схеми сканера, вимог до програм утворення 3D моделі. А також пропонується механічні і програмні рішення 3D сканера.

Робота складається з змісту, вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел, а також 11 малюнків та 7 фотоілюстрацій до експериментів.

ЗМІСТ

Вступ

1. 3D сканер

1.1 Вибір кінематичної схеми сканера

1.2 Постановка завдання дослідження оптичної системи 3D сканеру

1.3 Дослідження джерел впливу на роботу оптичної системи

1.4 Дослідження діаграми направленості відбиття промінню від поверхні

1.5 Схема установки фізичних досліджень з одним лазером

1.6 Схема установки фізичних досліджень з двома лазерами

1.7 Висновок що до вибору оптичної схеми

1.8 Висновки що до формування 3D моделі за результатами сканування

1.9 Висновок

2. Практична частина

2.1 Рекомендації щодо створення установки

2.2 Експеримент 1 Побудова діаграми відбиття

2.3 Експеримент 2 Побудова діаграми відбиття з двома лазерами

2.4 Експеримент 3 Побудова діаграми відбиття з двома лазерами і веб-камерою

Висновки

ВСТУП

3D сканер - це сучасній пристрій, який є важливим для використання в різних галузях науки і техніки, а також в медицині. Його використання можливо як автономним пристроєм для відтворення 3D моделі, так і в комплексі з 3D принтером. Оскільки 3D принтери мають обмеження з огляду на точність і масштаби виготовлення деталей. Зараз дуже розвивається і поширюється спектр застосування 3D принтерів, тому і 3D сканери також адаптують до вимог використання отриманих моделей. Тому універсального 3D сканера не існує, його можливо оптимізувати для конкретної сфери застосування.

В моїй роботі досліджено використання 3D сканера з огляду на такі сфери застосування: медицині – протезування, екзо-гіпси, стоматологія; приладобудування



В будь якого випадку 3D сканування дає кінцевий результат у вигляді тривимірної геометричної моделі. Відбудова цієї моделі ґрунтується на даних відносно базової системи координат. Дуже важливими ознаками для сканування є зв'язок між окремими точками сканування та їхньою приналежністю до окремих поверхонь, тому при виконанні сканування кількість контрольних точок на одиницю площі поверхні може змінюватись в залежності від локальної форми цієї поверхні ця проблема є важливою на етапі відновлення 3D моделі за результатами сканування, тому що при комп'ютерній конвертації даних можливі похибки зв'язування точок які розділені відтворим і

ці похибки можуть виявлятися лише на етапі відбудови на 3D принтері.

В моєму дослідженні розглянуті фактори впливу на сканування окремих точок з боку зміни кольору поверхні, текстури поверхні, кута сканування відносно оптичної системи. В сучасній техніці технологію 3D сканування є ноу-хау як за ознаками фізичних процесів, так і прикладних програм, яке виробники не розкривають, тому план роботи містить наступні етапи:

1. Визначення характеристик, які впливають на точність оцінки координат точки сканування в залежності від проміння лазера і оптичного приймача.
2. Зв'язування механічних елементів конструкцій сканера з результатами оптичних вимірювань і обчислення координат точки сканування.
3. Передача даних між окремими програмами.
4. Експериментальне дослідження точності відтворення координат точок сканування (в комп'ютерній) 3D моделі

Сутність проблеми, від якої залежить точність сканування, полягає у вивченні можливості сканування точок поверхні незалежно від інших особливостей крім геометричної форми, визначення координат точок сканування та перенос даних сканування в формат .STL, .skb

Метою цієї роботи є дослідження впливу окремих параметрів фізичних вимірювань і математичних перетворень, методів вимірювання координат точок сканування. Розробка рекомендацій що до програмно-апаратних засобів пристрою сканування і моделювання окремих поверхонь.

Для досягнення цієї мети треба виконати такі **завдання**:

- 1.Провести експериментальне дослідження оптичних характеристик що до сканування;
- 2.Обрати оптичну схему, яка найбільш відповідає задачі зв'язування механічних елементів конструкцій сканера з результатами оптичних вимірювань і обчислення координат точки сканування.
- 3.Розробити програмні засоби визначення координат точок сканування і конвертування даних в .STL файл
4. Відновити форми сканованої поверхні в програмі SolidWorks.

Об'єктом дослідження є фізичні і програмні основи конструкції 3D сканера.

Предметом дослідження є ланцюг від вимірювань до відповідної 3D моделі фізичного об'єкту сканування.

При виконанні роботи використовувалися фізичні моделі, аналітичні розрахунки та програмні пакети: LabVIEW, SolidWorks, SketchUP.

Основна частина

Теоретична частина

1. 3D сканер

В основі 3D сканера лежить функція вимірювання відстані від базової точки до точки на поверхні скануемого об'єкта. Взаємне положення базової точки та скануємої повинно бути зв'язано з тривимірною системою координат, в якій базова точка переміщується по певному алгоритму. Її місцеположення вважається відомим (З точністю до люфтів та вимірювань переміщення), а також вважається відомим напрямком, у вздовж якого вимірюється відстань до скануємої точки - всього 5 координат управління. В результаті можна вважати що методика визначення координат точок сканування містить наступні етап сканування геометричної поверхні і етап будови електронної моделі відсканованого об'єкта:

1. Вибір послідовності проходження скануючим елементом всіх позицій, з котрих будуть скануватися точки об'єкта;
2. Вибір оптимальних напрямків, у вздовж яких буде вимірюватися відстань до кожної зі скануємих точок;
3. Вимірювання відстані до скануємої точки.
4. Визначення координат точок сканування.
5. Конвертування числових даних сканування в координати поверхні.
6. Конвертування координат поверхні в данні що визначають форму 3D моделі.
7. Побудова електронної моделі об'єкту.

1.1 Вибір кінематичної схеми сканера



Малюнок 1. Найпростіший 3D сканер

За допомогою кінематичної схеми порівняємо можливі джерела похибки переміщення скануючого елемента відносно об'єкта. По першому пункту очевидно, що для реалізації обходу тривимірного

об'єкта необхідно переміщувати скануючий елемент в п'ятивимірному просторі незалежно по кожній із окремих координат. В залежності від методу керування переміщенням можуть бути використані або декартова система координат або система координат на основі полярної системи координат. Враховуючи, що макет 3D сканера ми будемо створювати на основі конструкторського набору Lego MINDSTORMS, то первинним є обертальний рух вала двигуна, в координатах якого керуюча система задає величину переміщення і контролює його за допомогою енкодера. Крім того, більшість відомих сканерів будуються за схемою, що зображено на малюнку 1. (<http://www.3ders.org/articles/20130908-rubicon-3d-scanner-on-indiegogo.html>) , тому найпростіший сканер може мати обертальну основу, на якій монтується об'єкт, та лазери, які встановлюються на деякій висоті відносно платформи, та мають кут зору, який може охопити фігуру обмеженої висоти. Недоліком цієї схеми є низька точність сканування горизонтальної поверхні, а перевагою – простота реалізації та найменша кількість джерел інструментальної похибки.

У цілому, крім механічних джерел похибок, необхідно враховувати ще і похибку оптичної системи.

1.2 Постановка завдання дослідження оптичної системи 3D сканеру

Найпростіший оптичний далекомір може працювати за принципом ослаблення світлового потоку в міру віддалення від відбиваючої точки. Недолік цього методу – похибка досягає 10 %. При цьому похибка залежить від властивостей

відбиваючої поверхні.

Промисловий лазерний далекомір ґрунтується на вимірюванні фази відбитого лазерного випромінювання. Недолік його у тому, що він гірше працює на малих відстанях і багато коштує на сьогодні.

Метою наших досліджень є визначення характеристик впливу особливостей відбиваючих поверхонь на точність вимірювання відстані від датчику до точки сканування об'єкту.

1.3 Дослідження джерел впливу на роботу оптичної системи

Розглянемо у якості основних джерел впливу на роботу оптичної системи наступні фактори: розмір лазерного променя, колір відбиваючої поверхні, орієнтацію відбиваючої поверхні відносно променю лазера, орієнтацію оптичного приймача відносно відбиваючої поверхні та діапазон відстані від базової точки датчику до точки сканування.

В цій частині роботи ми ознайомимося з фізичними і математичними основами теорії безконтактного вимірювання відстані до обраної точки поверхні. Дізнаємося які ознаки оптичного випромінювання є визначальними для вимірювання відстані

1.4 Дослідження діаграми направленості відбиття промінню від поверхні

Після проведення деяких досліджень, ми зробили таблицю с даними про відбиття лазерного проміння під різним кутом:

Покази датчику на відстані 2 см від об'єкту сканування:

Обладнання: аркуш паперу, транспорир, датчик LEGO MINDSTORM NXT налаштований на приймання відбитого світла, лазер потужністю 5mW.

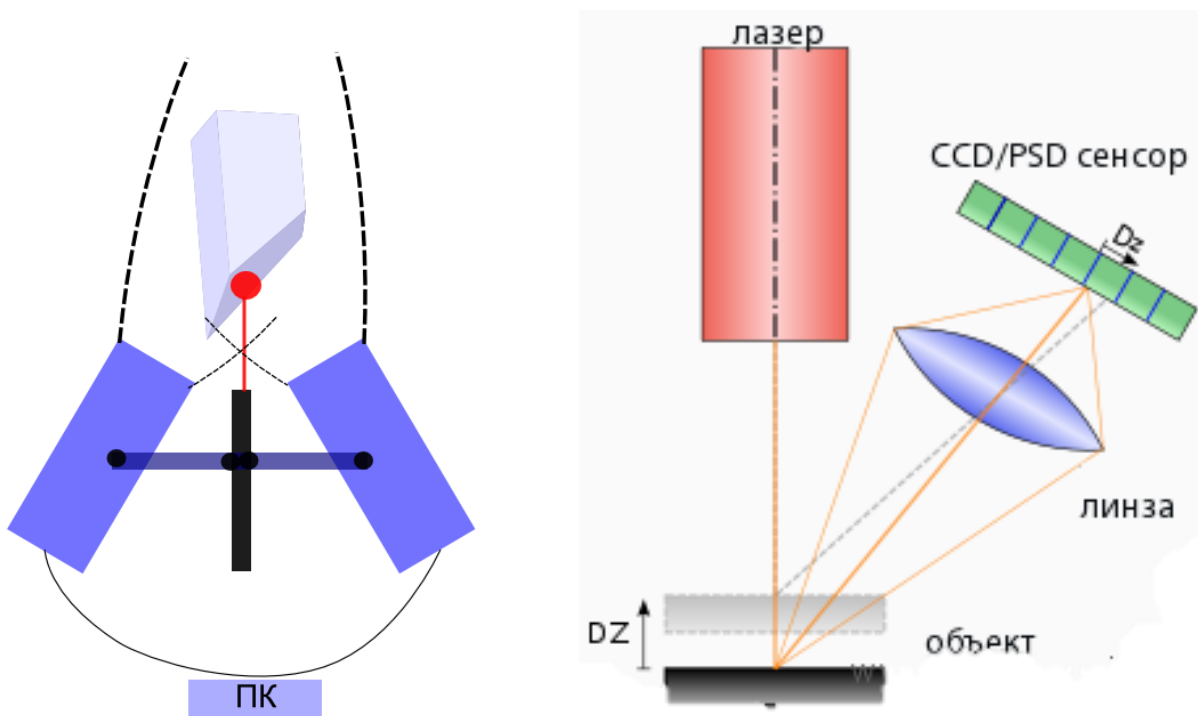
Мета: дослідити при яких кутах які показання дає датчик.

Хід роботи: 1. Розробимо поверхню для роботи, відділимо 2 см від об'єкту сканування; 2. На точці з відміткою 2 см від датчику, малюємо кут 30°, 45°, 60°, 90°; 3. Зафіксуємо значення, та занесемо їх до таблиці; 4. Проведемо повторний експеримент для кращої точності.

Проблема вимірювання кута предмета складають багато факторів, такі як: освітленість у кімнаті у якій робиться іспит, від кольору та матеріалу.

1.5 Схеми установки фізичних досліджень з одним лазером

Проблема вимірювання предмета за допомогою одного лазера, і приймача світла яке відбилося від предмета



1.6 Схеми установки фізичних досліджень з двома лазерами

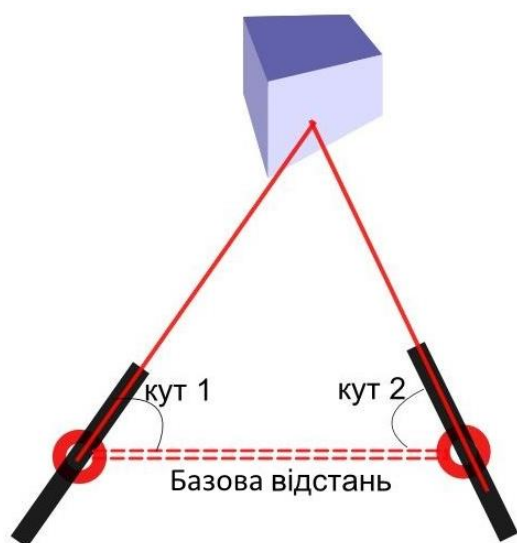


Рис 4. Геометрична задача сканування

Вимірювання відстані до предмета за допомогою двох лазерів потребує вирішення геометричної задачі (дивись малюнок 4). Вимірювання відбувається інтерактивно: 1. Оператор задає крок перебору точок сканування 2. Для кожної точки дає команди на синхронну зміну кутів 1 і 2 доки проміні не зійдуться у точці сканування на поверхні об'єкту

3. Значення кутів 1 і 2 визначаються програмно і програма розраховує відстань до точки сканування за формулою 1

Кут 1 та кут 2 ми дізнаємося за допомогою енкодера, який вмонтовано до поворотних механізмів лазері. А базова відстань є константою.

Формула 1

$$\text{Відстань} = \frac{1}{2} (\text{базова відстань}) * \text{tg} (\text{кут 1})$$

1.7 Висновок що до вибору оптичної схеми

Однозначно ми будемо використовувати схему з двома лазерами. Хоч вона є ручного прикладу тобто наводити лазери ми будемо в ручну, але вона є набагато надійнішою. Є можливість зробити цю систему автоматизованою, для цього нам знадобиться веб камера. Написана програма буде визначати чи зійшлася точка в одне місце чи ні. Схема відповідного вимірювача зображена на рисунку 5.

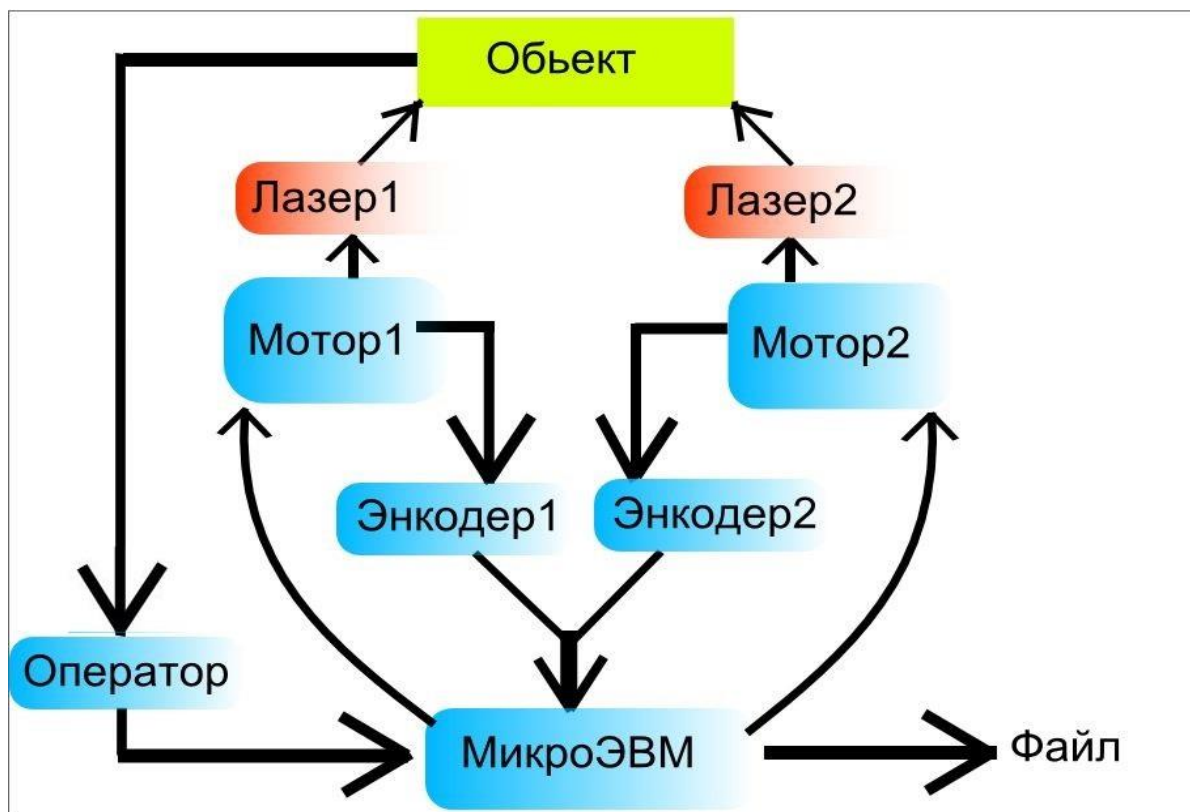
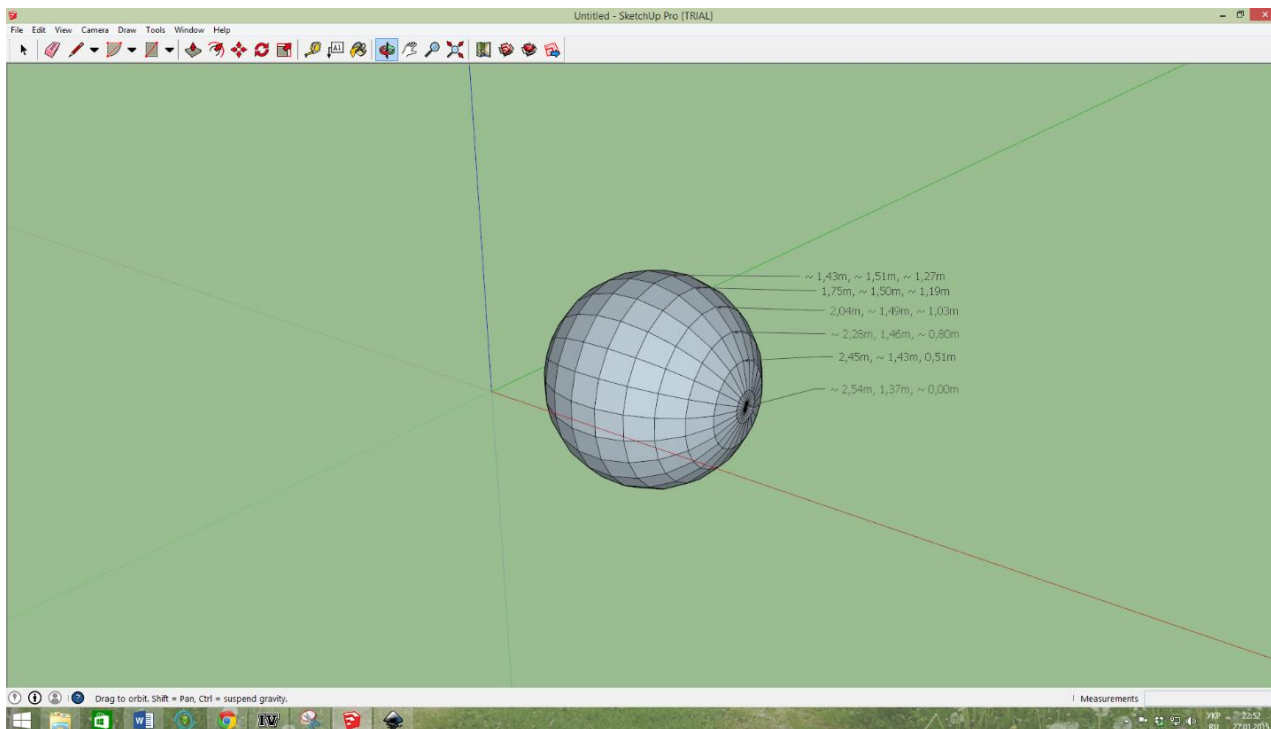


Рисунок 5 Функціональна схема вимірювань

1.8 Висновки що до формування 3D моделі за результатами сканування

Після зняття показань з датчиків, ми конвертуємо їх у данні які потім зчитуємо у програмі такій як наприклад SolidWorks чи SketchUp



2.1 Рекомендації щодо створення установки

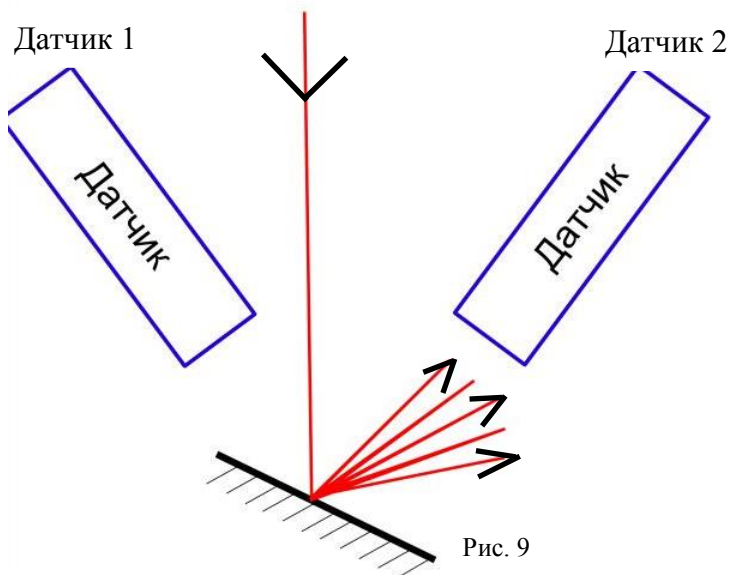
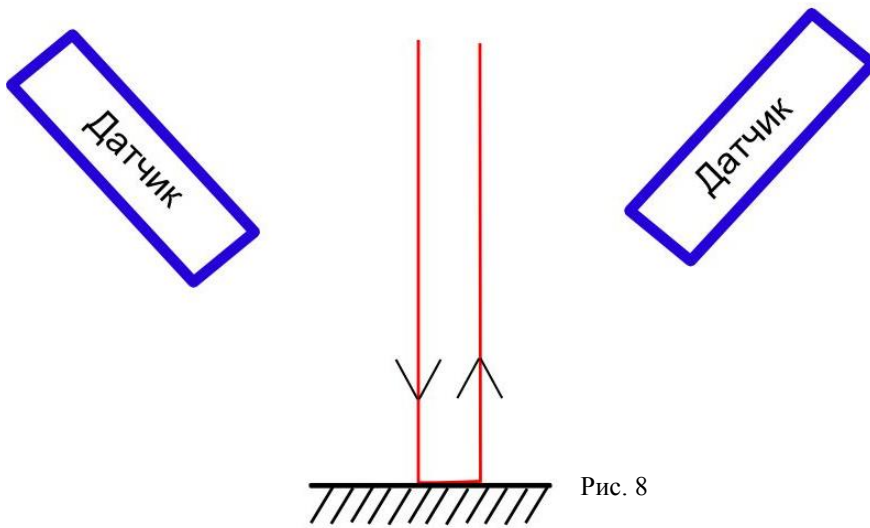
Особливістю установки, яка пропонується для розробки 3D сканеру, є її актуальність у майбутньому. Тому що зараз, все є багато розробок та концептів застосування 3D сканеру і 3D принтеру у медицині!

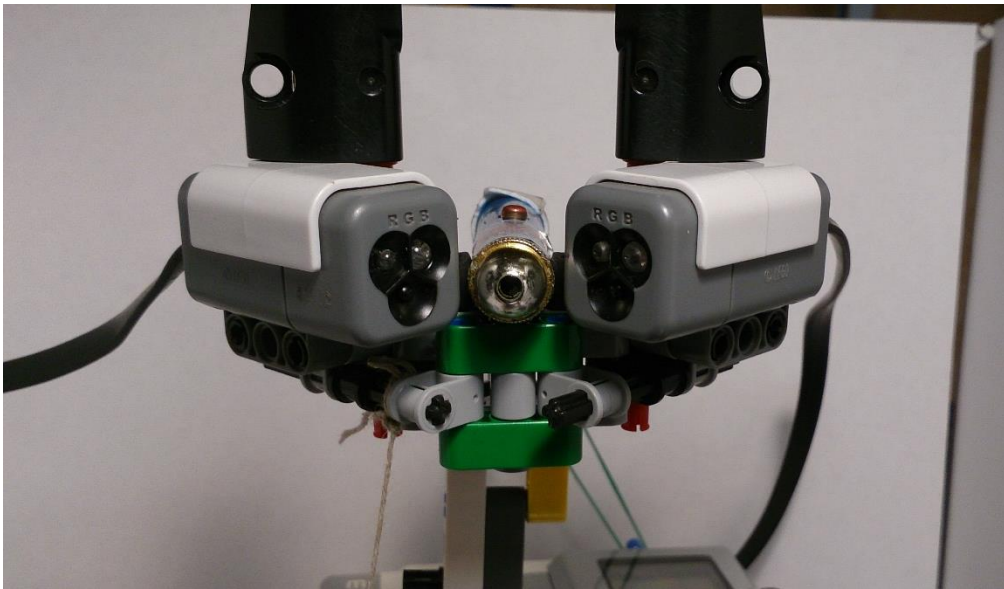


2.2 Експеримент 1 Побудова діаграми відбиття

Приклади побудови діаграми відбиття

2.2.1 Коли кут між лазером і відбиваючою поверхнею дорівнює 90° Тоді покази датчиків однакові, та приблизно дорівнюють: показ датчику при звичайному освітлені кімнати в якій він знаходиться + світло яке трохи розсіялось при відбиванні.



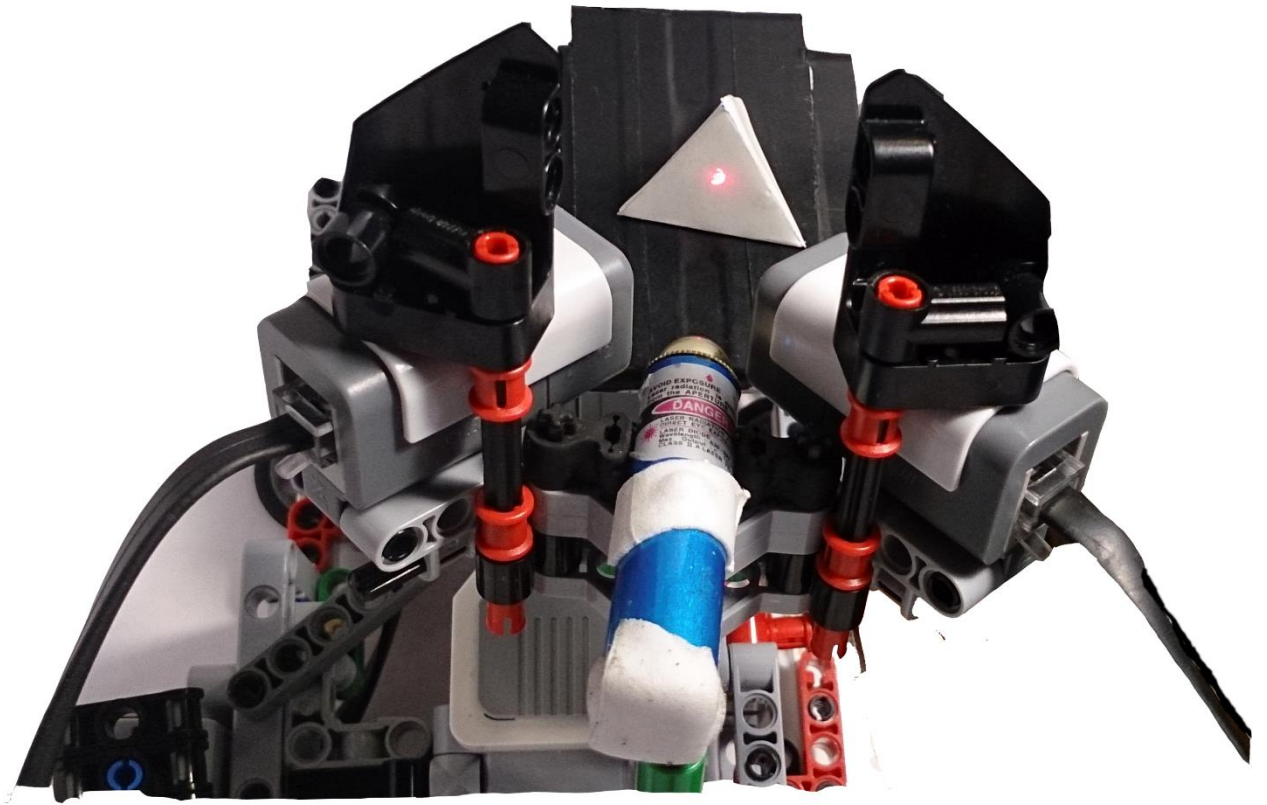


2.2.2 (Рис 8) Цей іспит показує точність датчиків. Якщо при цьому експерименту показання будуть різні, то умови не є можливими для виконання експерименту.

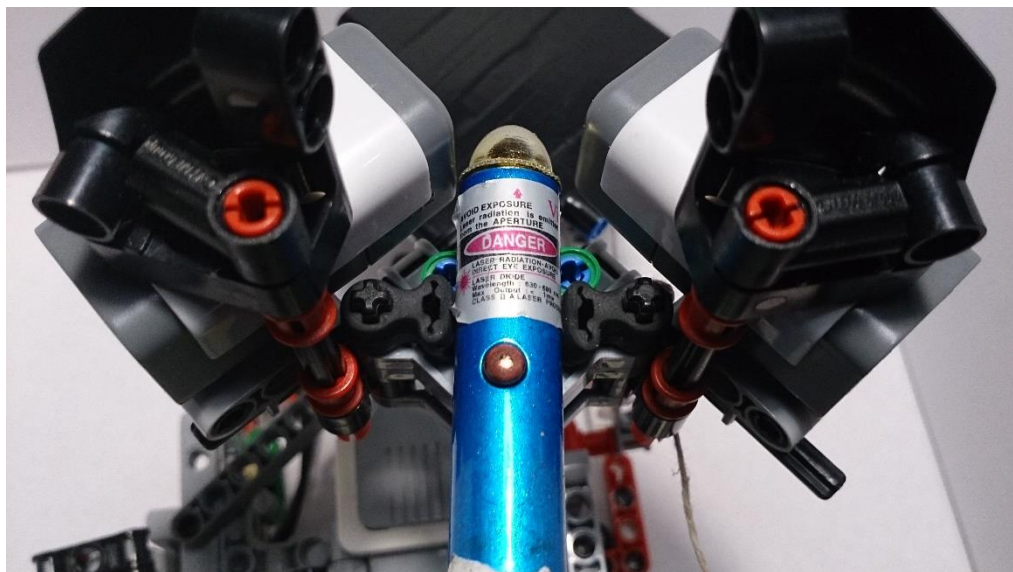
2.2.3 (Рис 9) Цей іспит показує принцип дії та визначення показань 3D сканеру. Показання датчиків повинні бути кардинально різні, тому що у датчик 2 поступає набагато більше відбитого лазерного промінню.

Таблиця вимірювань.

	0°	30°	45°	60°	90°
1 раз	35-37	38-40	31-33	30-31	9-11
2 раз (контрольний)	35-37	36-38	30-32	29-30	10-15

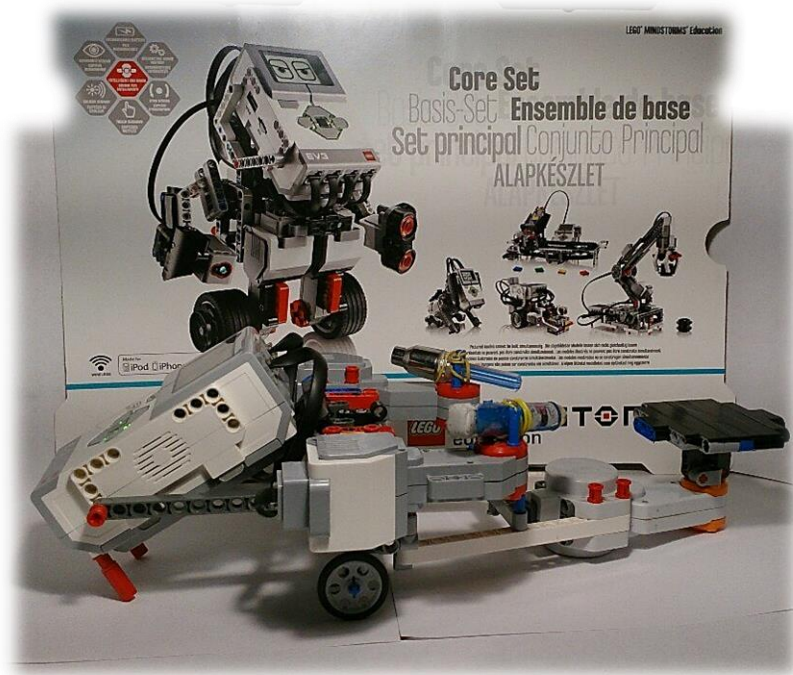


Висновок: Коли лазер направлений на поверхню під кутом 90 покази датчиків повинні буди однакові, це ми і використовували під час створення 3D принтеру.



2.3 Експеримент 2 Побудова діаграми відбиття з двома лазерами

2.3.1 Для початку експерименту ми закріпили два лазери на два мотора, які будуть контролюватися нами, дистанційно з ноутбуку.

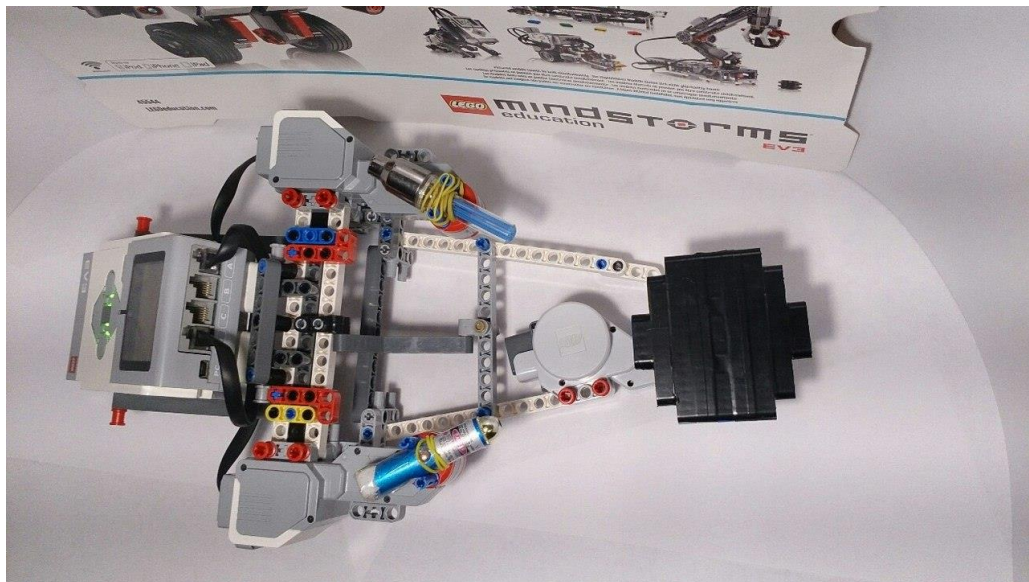


2.3.2 З комп'ютера керуючи моторами на яких закріплений датчик зводимо два проміння лазера у одну точку. (див. Рис 4)

2.3.3 По формулі ми визначаємо відстань до предмету, та після декількох аналогічних дій при різних кутах предмету ми збираємо масив інформації після чого можемо її трансформувати до .STL файлу.



Висновок: Хоч цей метод є ручним, і потребує досить довго часу для гарної точності моделі, але він є найлегшим варіантом моделі 3D сканеру.



2.4 Експеримент 3 Побудова діаграми відбиття з двома лазерами і веб-камерою

2.4.1 Модель нашого робота з пункту 2.3 майже не змінилася, окрім лише важливої деталі – такої, як веб-камера.



2.4.2 Тепер ми зробили робота повністю автоматизованим, в цій моделі, функцію «зводу» промінів лазерів виконує веб-камера, вона чекає до поки лазери не зведуться в одну точку і фіксує відстань до предмета

2.4.3 Таким чином ми отримуємо набагато більший масив, що дає більш точну 3D модель

Висновок: За допомогою електродвигуна, веб – камери і двох лазерів ми можемо зробити автоматизований 3D сканер.

ВИСНОВКИ

В процесі роботи було проведено три експеримента з двома типами конструкцій да в кожній по дві типи варіацій роботи . Отримані результати підтвердили теоретичні положення, що надані у першій частині роботи. Кожний з цих експериментів був відтворений, що підтверджує їх правдивість.

В результаті роботи вдалося прийти до таких висновків: дослідження впливу окремих параметрів фізичних вимірювань і математичних перетворень, методів вимірювання координат точок сканування. Розробка рекомендацій що до програмно-апаратних засобів пристрою сканування і моделювання окремих поверхонь.

Для досягнення цієї мети ми виконали такі **завдання**:

1.Провели експериментальне дослідження оптичних характеристик що до сканування;

2.Обрали оптичну схему, яка найбільш відповідає задачі зв'язування механічних елементів конструкцій сканера з результатами оптичних вимірювань і обчислення координат точки сканування;

3.Розробили програмні засоби визначення координат точок сканування і конвертування даних в .STL файл;

4. Відновили форми сканованої поверхні в програмі SolidWorks.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доступная 3D печать: для науки, образования и устойчивого развития редактор(ы): Энрике Канесса, Карло Фонда, Марко Дзеннаро
2. <http://www.philohome.com/scan3d/scan3d.htm>3.Бутиков Е.И.
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%80>
4. <http://virtualprint.ru/stati/672-primeneniye-printsip-raboty-i-tseny-na-3d-skanery.html>
5. <http://www.3ders.org/articles/20130908-rubicon-3d-scanner-on-indiegogo.html>