

STRESZCZENIE

Celem niniejszej pracy dyplomowej było stworzenie skanera 3D oraz systemu wizualizacji utworzonych modeli rzeczywistych obiektów. Do budowy urządzenia wykorzystano dane pomiarowe otrzymane z kamery głębi firmy Intel o nazwie RealSense D435i. W pracy został przedstawiony sposób budowy skanera 3D, jego kalibracji oraz algorytmy służące do przetwarzania uzyskanych danych w celu uzyskania wirtualnych modeli. W celu łatwiejszej obsługi programu został utworzony interfejs graficzny zawierający najważniejsze parametry wizualizacji i obróbki danych.

**Słowa kluczowe:** Skaner 3D ,Intel RealSense, Python, Kamera RGBD

**Dziedzina nauki i techniki, zgodnie z wymogami OECD:** Nauki inżynieryjne i techniczne, Systemy automatyzacji i kontroli

**ABSTRACT** (maksymalnie 1 strona)

W pracy został poruszony szereg aspektów związanych z budową skanera 3D oraz stworzenia oprogramowania umożliwiającego na wyeksportowanie zeskanowanych modeli do programu Blender.

**Keywords:** Skaner 3D ,Intel RealSense, Python, Kamera RGBD

SPIS TREŚCI

[WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW 5](#_Toc518373993)

[1. WSTĘP I CEL PRACY 5](#_Toc518373994)

[2. TYTUŁ DRUGIEGO ROZDZIAŁU (ewentualnie imię i nazwisko autora rozdziału w przypadku pracy zbiorowej) 5](#_Toc518373995)

[2.1. Tytuł podrozdziału (ewentualnie imię i nazwisko autora podrozdziału w przypadku pracy zbiorowej) 5](#_Toc518373996)

[2.1.1. Tytuł punktu podrozdziału 5](#_Toc518373997)

[2.2. Tytuł podrozdziału (ewentualnie imię i nazwisko autora podrozdziału w przypadku pracy zbiorowej) 5](#_Toc518373998)

[3. PODSUMOWANIE 5](#_Toc518373999)

[WYKAZ LITERATURY 6](#_Toc518374000)

[Załącznik nr 1/Dodatek A: Tytuł załącznika nr 1/dodatku A\* 7](#_Toc518374001)

# WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW

*e –* niepewność pomiaru

*f –* częstotliwość [Hz]

*k –* stała Boltzmanna 1,38 ∙ 10-23 Ws/K

kamera RGBD-…

# WSTĘP I CEL PRACY

## Cele i założenia

## Celem niniejszej pracy jest zaprojektowanie skanera 3D oraz wyeksportowanie kolorowych modeli do programu Blender przy zastosowaniu kamery Intel RealSense D435i. Ukazane zostaną również metody analizy oraz obróbki danych, które mają posłużyć do cyfrowej implementacji rzeczywistych obiektów zmierzonych przez kamerę RGBD.Część teoretyczna polega na zobrazowaniu istniejących rozwiązań zagadnienia.Wyjaśniono algorytmy służące do przetworzenia danych uzyskanych z kamery głębi w chmurę punktów. Wymieniony został określony ciąg czynności pozwalających na dodanie na chmurę punktów siatki oraz tekstur.W części praktycznej zostaną ukazane metody kalibracji urządzenia Intel RealSense oraz proces tworzenia wirtualnych obiektów ze skanu.

## Zawartość pracy

## Pierwszy rozdział opisuje cele oraz założenia pracy. Wykonano przegląd istniejących metod mających na celu generację trójwymiarowych obiektów na podstawie danych z kamery głębi wraz z zastosowaniami współczesnych skanerów 3D.

## W kolejnym rozdziale przedstawiony jest model oraz konstrukcja skanera 3D. Przeprowadzono gruntowną analizę wpływu kalibracji oraz nastaw parametrów urządzenia na otrzymany efekt końcowy.Następnie przedstawiono opisy zastosowanych algorytmów oraz kolejność ich wykonywania na podstawie napisanego przeze mnie programu w języku Python.W końcowym etapie poddano analizie pod względem dokładności rezultaty pomiarów w porównaniu do rzeczywistych wartości mierzonych.

## Trzeci rozdział zajmuje się podsumowaniem zarówno wykonanej pracy , jak i otrzymanych efektów. Ponadto porusza kwestię potencjalnych możliwości udoskonalenia urządzenia.

## Wprowadzenie do technologii skanerów 3D

## Początki skanerów 3D datuje się na lata 60 XX wieku.Do uzyskania modeli używano wówczas światła ,kamer oraz projektorów.Niestety, wymagania dotyczące nakładu pracy nie były proporcjonalne do otrzymanych wyników, których dokładność była względnie niska.W połowie lat 80-tych ,gdy komputery zyskały na popularności ,a narzędzia pomiarowe dokładniejsze ,postanowiono użyć sondy stykowej.Mierzono odkształcenie sondy po styku z obiektem,wskutek czego można było wyznaczyć położenie punktów na płaszczyźnie obiektu w innym układzie współrzędnych.[4]Jej użycie pozwoliło na znaczne zwiększenie dokładności pomiarów ,jednak były one powolne.Istniała zauważalna potrzeba opracowania metody optycznej, która umożliwiłaby mierzenie obiektów znacznie szybciej .Byłaby również możliwość pomiaru elastycznych przedmiotów,które dotychczas nie były mierzalne ze względu na użyte technologie.Istnieje wiele różnych podejść do trójwymiarowych skanów ,każde z nich ma zastosowanie w określonej dziedzinie.Poniżej przedstawiono najważniejsze z nich.

## Metoda triangulacji laserowej -Układ pomiarowy składa się z nadajnika laserowego ,obiektu pomiarowego oraz kamery.Poprzez przesuwanie wiązki po nieruchomym obiekcie ,znając położenie kamery oraz korzystając ze wzorów [2] można wyznaczyć położenie zmierzonych punktów w docelowym układzie współrzędnych.Zaletami tej konstrukcji są dokładność i wysoka rozdzielczość [3].Skanery te jednak nie sprawdzają się przy rekonstrukcji błyszczących oraz przezroczystych powierzchni.

## Metoda emitowania światła strukturalnego-Skanery oparte na tej metodzie wyświetlają siatkę świetlną na mierzony obiekt .Następnie wzór na obiekcie jest mierzony przez jedną lub dwie kamery .Dzięki zmierzeniu mocy światła odbitego oraz kształtu siatki na przedmiocie ,korzystając z metod triangulacji można wyznaczyć położenie obiektu w innym układzie współrzędnych.Jednocześnie dzięki wykorzystaniu obrazu z dwóch kamer jest możliwe wykonanie pełnego zdjęcia 3D.Zaletą tej metody jest bardzo szybka prędkość działania,ponieważ zdjęcia mogą być wykonywane z dużą częstotliwością.Dodatkowo światło emitowane przez ten skaner ,nie jest światłem laserowym,więc nie ma możliwości uszkodzenia wzroku.Wadą natomiast jest ograniczona gęstość siatki.Co w przypadku obiektu o bardzo skomplikowanym kształcie sprawia,że pomiar będzie musiał być wykonany kilka razy pod różnymi kątami w celu uzyskania dokładnych wyników. [3]

## Fotogrametria-Jest to metoda odtwarzania trójwymiarowego kształtu obiektów z płaskich dwuwymiarowych zdjęć.Korelacji ze sobą poszczególnych obrazów ,które wykonywane są w odstępie od 5-15 stopni.Dla zwiększenia dokładności używa się również technologii ang. Structure From Motion czyli SFM.Opiera się ona na identyfikacji homologicznych punktów na różnych obrazach w celu uzyskania perspektywy między nimi.Dzięki wykorzystaniu efektu paralaksy istnieje możliwość późniejszego określenia w jakiej odległości od kamery znajdywały się poszczególne punkty na obrazie.Pozwala to na utworzenie funkcji przejścia między nimi oraz otrzymanie na końcowym etapie pełnego modelu 3D. [5] Zaletą tego rozwiązania jest niski koszt,ponieważ do wykonania zdjęć wystarczy aparat w telefonie komórkowym.Największą wadą jest jednak wysoka złożoność obliczeniowa,przez co często takie obliczenia wykonywane są w chmurze obliczeniowej oraz o wiele mniejsza dokładność w porównaniu ze skanerami RGBD.

## Skanery impulsowe LIDAR-Zasada działania takiego lasera jest zbliżona do działania sonaru.Skanery impulsowe mierzą czas potrzebny wiązce lasera do przebycia drogi do przedmiotu i na tej podstawie określają odległość zmierzonego punktu od źródła światła.Skanery te wykorzystuje się do mierzenia dużych odległości ,ponieważ zmierzenie czasu lotu światła na małych odległościach jest bardzo trudne do zrealizowania.Dużym ograniczeniem takiego rozwiązania jest fakt,że przy jednym pomiarze mierzony jest pojedynczy punkt na obiekcie,więc wykonanie pełnego pomiaru obiektu trwa znacząco dłużej niż w innych skanerach.Jednakże jedynie ta metoda zapewnia wymierne rezultaty na duże odległości.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Metodapomiarowa | ZakresPomiarowy [m] | Dokładność [mm] | Szybkość skanowania [punkty na sekundę] |
| Pomiar czasu przelotu impulsu | <1500 | <20 | Do 12000 |
| Pomiar przesunięcia fazowego | <100 | <10 | Do 625000 |
| Triangulacja | <5 | <0.1 | Do 10000 |

Tabela 1 Charakterystyki metrologiczne laserowych metod pomiarowych [3]

## Współcześnie skanery 3D mają zastosowanie w większości gałęzi życia oraz przemysłu.Używane są w przemyśle budowlanym w celu mierzenia odkształceń belek z bardzo dużą dokładnością [6].W medycynie mogą być użyte do skanowania oraz modelowania komputerowego kończyn oraz dokładniejszych oględzin pacjentów [7].Mają również zastosowanie w przemyśle spożywczym w kontroli jakości poszczególnych wyrobów [8].

# TYTUŁ DRUGIEGO ROZDZIAŁU (ewentualnie imię i nazwisko autora rozdziału w przypadku pracy zbiorowej)

Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx.

## Tytuł podrozdziału (ewentualnie imię i nazwisko autora podrozdziału w przypadku pracy zbiorowej)

Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx.

### Tytuł punktu podrozdziału

Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx.

## Tytuł podrozdziału (ewentualnie imię i nazwisko autora podrozdziału w przypadku pracy zbiorowej)

Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx.

# PODSUMOWANIE

Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx.

# WYKAZ LITERATURY

[2] Mikulski S.: *Metody triangulacji laserowej w skanerach trójwymiarowych.* Poznan University Of Technology Academic Journals Electrical Engineering No75, 2013 ,s.240-245

[3] Jerzy Nowacki,Norbert Sieczkiewicz,Michał Nocoń: *Pomiar odkształceń spawalniczych*

*metodami skanowania 3D*. Badania Nieniszczące i Diagnostyka 3, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie 2018, s. 4-5.

[4] Ebrahim, Mostafa: 3D LASER SCANNERS: HISTORY, APPLICATIONS, AND FUTURE. Civil Engineering Department , Assiut University 2011, s. 5.

[5] Ewa Głowienka,Bogdan Jankowicz,Bogusława Kwoczyńska,Przemysław Kuras,Krystyna Michałowska,Sławomir Mikrut,Agnieszka Moskal,Izabela Piech,Michał Strach,Jakub Sroka: Fotogrametria i skaning laserowy w modelowaniu 3D*.*Monografia, Wyższa Szkoła Inżynieryjno-Ekonomiczna 2015, s. 118-119.

[6] Goszczyńska B. ,Trąmpczyński W. ,Bacharz K. ,Bacharz M. ,Tworzewska J. , Tworzewski, P. : Doświadczalna analiza odkształceń przestrzennych belek żelbetowych z zastosowaniem skanera optycznego 3D*.* Inżynieria i Budownictwo, Politechnika Świętokrzyska 2014, s. 156-159.

[7] Agnieszka Tomaka,Leszek Luchowski,Krzysztof Skarbek ,Michał Tarnawski:3D Head Surface scanning techniques for orthodontics*.* Journal of medical informatics&technologies Vol.9 , 2005, s. 124-130.

[8] Andrzej Anders,Zdzisław Kaliniewicz,Piotr Markowski:Zastosowanie skanera 3D do pomiarów cech geometrycznych produktów spożywczych na przykładzie pieczywa typu „Kajzerka” i „Minikajzerka”*.* Postępy techniki przetwórstwa spożywczego Vol.2 ,Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji,Uniwersytet Warmińsko-Mazurski,Olsztyn 2012, s. 22-26.

# Załącznik nr 1/Dodatek A[[1]](#footnote-1): Tytuł załącznika nr 1/dodatku A\*

Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxx xxxxxxxxx xxx x xxxxxx xxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx. Xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxx x xxxxxxxxx.

1. (Wybrać właściwy zapis). [↑](#footnote-ref-1)