

**KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ**

Kod przedmiotu		Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Wizyjne techniki skanowania i przetwarzania danych 3D		
			w j. angielskim	Vision-based 3D Scanning and Data Processing Techniques		
Rodzaj zajęć	specjalnościowe					
Kierownik przedmiotu	prof. dr hab. inż. Robert Sitnik		Prowadzący zajęcia	prof. dr hab. inż. Robert Sitnik Jakub Markiewicz		
Jednostka realizująca	Centrum Studiów Zaawansowanych	Dyscyplina/y naukowa/e	Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Inżynieria Biomedyczna Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Inżynieria Mechaniczna Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Matematyka Nauki Fizyczne			
Poziom kształcenia	kształcenie doktorantów	Semestr studiów	letni			
Język zajęć	polski					
Forma zaliczenia	Ocena	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	15	Sumaryczna liczba ECTS	1	
Minimalna liczba uczestników	12	Maksymalna liczba uczestników	20	Dostępność dla studentów I lub II stopnia	Tak	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	1		1		
	łącznie w semestrze	8		7		

**1. Wymagania wstępne**

- podstawy algebry (rozwiązywanie układów równań liniowych i nieliniowych),
- podstawy programowania w języku C++/Python (struktury danych, obliczenia numeryczne),
- podstawy przetwarzania obrazów.

**2. Cele przedmiotu**

Celem przedmiotu jest zaznajomienie z metodami odwzorowania kształtu 3D, technik skanowania trójwymiarowego, algorytmów przetwarzania i analizy danych przestrzennych pochodzących z pomiarów optycznych. Praktyczna umiejętność implementacji wybranych algorytmów w przetwarzaniu chmur punktów.

**3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)**

Wykład

- (1) Definicje.
- (2) Techniki kalibracji kamer niemetrycznych - rodzaje pól testowych, dystorsja radialna tangencjalna, model i parametryczny, metody kalibracji (klasyczna metoda Halerta, DLT3D, Zhang, OGX, samokalibracja).
- (3) Schemat technologiczny odwzorowania kształtu 3D i generowania dokumentacji pomiarowej na podstawie aktywnych i pasywnych systemów pomiarowych.
- (4) Odtworzenia kształtu na podstawie obrazów cyfrowych i algorytmów Structure-from-Motion i MultiView-Stereo.

- (5) Główne czynniki wpływające na jakość odwzorowania kształtu obiektów (wpływ doboru kalibracji systemu pomiarowego, dobór parametrów ekspozycji zdjęć, model, lokalizacja środków znaczników, dobór warunków początkowych, wpływ rozmieszczenia sieci kamer).
- (6) Techniki skanowania powierzchni obiektów i scen trójwymiarowych wraz z przykładowymi implementacjami (metoda czasu przelotu wiązki, triangulacja laserowa, metody z oświetleniem strukturalnym, Light Field).
- (7) Technologia naziemnego skaningu laserowego - podstawy działania, wady i zalety.
- (8) Charakterystyka danych pomiarowych (rozdzielczość/równomierność próbkowania, niepewność pomiaru, wypełnienie, odwzorowanie barwy, itp.).
- (9) Standardy opracowań bliskiego zasięgu (3x3 rules CIPA, Instrukcja G-3.4, VDI/VDE).
- (10) Specyfika przetwarzania danych w postaci chmur punktów (techniki sortowania, wizualizacji, analizy sąsiedztwa).
- (11) Omówienie wybranych algorytmów przetwarzania (filtracja, dopasowanie wielu chmur wstępne i dokładne - orientacji 3D i 2+1D, generalizacja danych, metodyka automatycznej rekonstrukcji powierzchni z chmur punktów).
- (12) Rozpoznawanie wybranych struktur z wykorzystaniem deskryptorów 3D oraz z zastosowaniem spłotowych sieci neuronowych (CNN).
- (13) Metodyka integracja danych z aktywnych (naziemny skaningu laserowy, światło strukturalne) i pasywnych metod pomiarowych (obrazów cyfrowych).
- (14) Przykłady działających rozwiązań (kontroli jakości, rozrywce i sporcie, dziedzictwie kulturowym, architekturze i inżynierii lądowej [GIS, BIM]).

## Projekt indywidualny

Zadanie do wykonania w postaci indywidualnego projektu związanego z przetwarzaniem danych 3D w postaci chmur punktów lub budową prototypowego skanera 3D. Dane do przetwarzania dostarcza prowadzący lub mogą być wykorzystane dane uczestników kursu. Każdy uczestnik otrzymuje samodzielne zadanie z zakresu przetwarzania danych. Zadania będą podzielone na dwie kategorie zależne od wiedzy i doświadczenia w programowaniu w języku C++/Python. Uczestnicy posiadających podstawową wiedzę z zakresu programowania będą musieli przetworzyć dane (tj. orientacja, filtracja i modelowanie 3D) przy wykorzystaniu gotowych algorytmów z biblioteki Open3D lub Cloudcompare. Dla zaawansowanych uczestników w ramach projektu należy zaprojektować ścieżkę przetwarzania danych oraz zaimplementować wybrane algorytmy. Zadanie zazwyczaj składa się z następujących etapów: filtracja danych, połączenie danych kierunkowych w jeden model sceny/obiektu, wyszukanie punktów/obszarów charakterystycznych, segmentacja 3D, rozpoznanie. Projekt realizowany jest w języku C++ lub Python.

4. Efekty uczenia się			
Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SZD	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
W01	Zna podstawowe algorytmy przetwarzania oraz rozpoznawania chmur punktów 3D	SD_W3	ocena projektu
W02	Zna i rozumie proces akwizycji danych 3D z wykorzystaniem optycznych technik skanowania 3D	SD_W1	ocena projektu
Umiejętności			
U01	Potrafi zaprojektować i zaimplementować algorytmy przetwarzania danych 3D w języku C++ lub Python	SD_U1	ocena projektu

U02	Potrafi dobrać właściwą ścieżkę przetwarzania danych 3D i zrealizować poprawną akwizycję	SD_U1	ocena projektu
Kompetencje społeczne			
K01	Rozumie znaczenie technik obrazowania 3D wraz z przetwarzaniem danych jako doskonałego narzędzia w badaniach naukowych oraz zastosowaniach praktycznych.	SD_K1	ocena aktywności

\* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

## 5. Kryteria oceny

Ocena wystawiana na podstawie zrealizowanego projektu oraz aktywności na zajęciach. Liczba możliwych nieobecności umożliwiających zaliczenie przedmiotu – dwie, ponad tę liczbę brak możliwości zaliczenia przedmiotu.

## 6. Literatura

### Literatura podstawowa:

- [1] Z. Zhang, Camera Calibration, 4 rozdział z książki:  
(<https://pdfs.semanticscholar.org/6e20/c43a0077d6580975625c44411e8c3fc3ffe.pdf>)
- [2] Luhmann, Thomas / Robson, Stuart / Kyle, Stephen / Boehm, Jan Close Range Photogrammetry and 3d Imaging” Principles, Methods and Applications. De Gruyter, 2013
- [3] Point Cloud Library Documentation, <http://pointclouds.org/documentation/>

### Literatura uzupełniająca:

- [1] Dokumentacja biblioteki Open3D, <http://www.open3d.org/docs/release/>
- [2] Dokumentacja oprogramowania CloudCompare, <https://www.danielgm.net/cc/>

## 7. Nakład pracy studenta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się\*\*

Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	15
2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	5
3	Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	5
4	godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	5
<b>Sumaryczny nakład pracy studenta</b>		<b>30</b>
<b>Liczba punktów ECTS</b>		<b>1</b>

\*\* 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy studenta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)

## 8. Informacje dodatkowe

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich	1
Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym	1