**Nazwa przedmiotu:**

Numerical Methods in Optical Techniques

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Robert Sitnik, prof. nzw PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronics

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

NMOT

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin bezpośrednich 50, w tym:
a) wykład - 15
b) projektowanie - 15
c) laboratorium - 15
d) konsultacje - 3
e) zaliczenie - 2
2) Praca własna studenta 60 w tym:
a) zapoznanie się z literaturą i dokumentacją - 20
b) projekt i implementacja aplikacji, optymalizacja, testowanie i dokumentacja - 40
RAZEM 110 (4 ECTS)

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1) Liczba godzin bezpośrednich 50, w tym:
a) wykład - 15
b) projektowanie - 15
c) laboratorium - 15
d) konsultacje - 3
e) zaliczenie - 2
suma: 50 (2 ECTS)

**Język prowadzenia zajęć:**

angielski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

O charakterze praktycznym:
a) projektowanie - 15
b) laboratorium - 15
c) konsultacje - 3
d) projekt i implementacja aplikacji, optymalizacja, testowanie i dokumentacja - 40
RAZEM 73 (3 ECTS)

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 15h |
| Ćwiczenia: | 15h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 15h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Rachunek macierzowy. Podstawy programowania w C/C++ lub znajomość środowiska Matlab. Cyfrowe przetwarzanie obrazów. Znajomość zagadnień fizycznych z obszaru metrologii optycznej.

**Limit liczby studentów:**

60

**Cel przedmiotu:**

Znajomość podstawowych technik numerycznych niezbędnych do realizacji automatycznej analizy wyników pomiarów optycznych dla danych w postaci: macierzy dwuwymiarowych, trójwymiarowych oraz czterowymiarowych zarówno skalarnych jak i wektorowych. Umiejętność implementacji rozwiązywania układów równań liniowych i nieliniowych. Znajomość zagadnień aproksymacji, interpolacji i ekstrapolacji danych, skalowania/kalibracji wyników oraz łączenia danych z różnych pomiarów oraz różnych technik pomiaru.

**Treści kształcenia:**

(W) Wstęp do technik obliczeniowych. Rola technik obliczeniowych w realizacji i automatyzacji pomiarów op-tycznych. Dokładność obliczeń numerycznych (reprezentacja liczb całkowitych i zmiennoprzecinkowych, uwarunkowania zadania numerycznego).
Aproksymacja i interpolacja. Wielomiany interpolacyjne Lagrange’a, Newtona i Gaussa. Metoda najmniejszych kwadratów. Przykłady.
Rozwiązywanie układów równań liniowych. Uwarunkowanie zadania. Metoda eliminacji Gaussa. Rozkład LU nie-osobliwej macierzy kwadratowej. Rozkład SVD. Metody iteracyjne. Przykłady.
Rozwiązywanie układów równań nieliniowych. N-punktowe metody iteracyjne, metody stacjonarne. Metoda bisekcji.
Metoda Newtona. Metoda siecznych. Porównanie poznanych metod, zagadnienie zbieżności. Przykłady.
Propagacja zespolonego sygnału optycznego. Implementacja metod propagacji pola w wolnej przestrzeni z wykorzystaniem dyskretnej transformacji Fouriera (rozkład na fale płaskie, dyfrakcja Rayleigha-Sommerfelda, dyfrakcja Fresnela), algorytm cyfrowej rekonstrukcji hologramu, numeryczna zmiana płaszczyzny odwzorowania
Techniki kalibracji i skalowania wyników. Podejście analityczne i eksperymentalne. Przykłady.
Optymalizacja. Optymalizacja czasu obliczeń. Efektywne metody analizy dużych zbiorów danych. Przykłady.
(C) Analiza 2D. Algorytmy wyznaczania położenia obiektów w przestrzeni obrazu z dokładnością subpikselową. Metody korelacyjne. Techniki usuwania skoków fazy. Przykłady.
Analiza 2D(t). Przestrzenno-czasowe i przestrzenno-spektralne metody analizy sygnału (TOCT i SOCT). Przestrzenno-czasowe techniki usuwania skoków fazy. Przykłady.
Analiza 3D – opis wokselowy. Algorytmy tomograficzne bazujące na metodach fourierowskich i algebraicznych. Ograniczenia, źródła błędów i metody ich minimalizacji. Przykłady (tomografia absorpcyjna i dyfrakcyjna).
Analiza 3D – chmura punktów. Algorytmy filtracji oraz wygładzania danych. Algorytmy upraszczania (adaptacyjne, jednorodne). Metody triangulacji oraz parametryzacji chmur punktów. Algorytmy identyfikacji struktur. Tworzenie tekstury. Przykłady.
Analiza 3D(t) – chmura punktów. Algorytmy filtracji oraz wygładzania danych. Algorytmy śledzenia struktur. Przykłady.
Łączenie zbiorów danych. Algorytmy poszukiwania transformacji pomiędzy pomiarami z wielu kierunków (do sześciu stopni swobody dla każdego zbioru). Algorytmy integracji pomiarów z różnych metod pomiarowych.
(P) Wybrane zagadnienie z przetwarzania danych. Zadanie do wykonania w postaci samodzielnego opracowania optymalnej metody obliczeń oraz jej implementacji. Wymagane samodzielne opracowanie ścieżki przetwarzania danych. Następnie implementacja tej ścieżki w C++ lub środowisku Matlab. Optymalizacja czasu obliczeń.

**Metody oceny:**

Średnia wyników z kolokwium (25% oceny końcowej).
Oceny z ćwiczeń (25% oceny końcowej).
Ocena za projekt (50% oceny końcowej).

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling: Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press, 1992. Wersja online: http://www.nrbook.com/
2. Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wasowski, Metody numeryczne, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998
3. K. Patorski, M. Kujawinska, L. Sałbut, Interferometria laserowa z automatyczna analizą obrazu, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2005
4. T.P. Zieliński: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 2005
5. K.D. Moller: OPTICS Learning by Computing, Springer, Newark 2007
6. J. W. Goodman: Introduction to Fourier Optics, 2nd ed., McGraw-Hill, New York 1996

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka TOO\_W01:**

Zna podstawowe techniki i algorytmy analizy danych 1D/2D/3D/4D z pomiarów optycznych oraz metody optymalizacji algorytmów

Weryfikacja:

Zaliczenie kolokwium w trakcie wykładu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05, K\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka TOO\_U01:**

Potrafi zaprojektować i zaimplementować algorytmy numerycznego przetwarzania danych z pomiarów optycznych w języku obiektowym C++

Weryfikacja:

Zaliczenie labolatorium oraz projektu programistycznego C++ z przetwarzania danych 2D/3D/4D

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U02, K\_U06, K\_U08, K\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK, I.P7S\_UO, III.P7S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka TOO\_K01:**

Potrafi pracować w zespole podczas planowania zadań oraz przeprowadzania eksperymentu

Weryfikacja:

Zaliczenie ćwiczeń w laboratorium oraz projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KO, I.P7S\_KR