**Nazwa przedmiotu:**

Tomografia komputerowa

**Koordynator przedmiotu:**

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

TOM

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

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

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 30h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Analiza
Algebra
Metody numeryczne
Równania różniczkowe
Cyfrowe przetwarzanie sygnałów
Podstawy technik obrazowych w medycynie

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Tomografia komputerowa jest obrazową techniką diagnostyczną umożliwiającą obrazowanie przekrojów obiektów. Wykład przedstawia fizyczne i matematyczne podstawy tomografii komputerowej. Omawiana jest budowa aparatów tomograficznych, układy akwizycji danych, algorytmy rekonstrukcji obrazów z projekcji, wizualizacja obrazów tomograficznych, metody przetwarzania danych. Omawiane są: rentgenowska tomografia transmisyjna, tomografia emisyjna jednofotonowa i pozytonowa, tomografia rezonansu magnetycznego oraz elektryczna tomografia impedancyjna. Przedstawiane są przykłady zastosowań poszczególnych technik tomograficznych. Omawiane są również przyczyny powstawania błędów w obrazach, a także metody ich usuwania i korekcji.

**Treści kształcenia:**

1. Wstęp. (2h) Wprowadzenie do tomografii komputerowej. Wprowadzenie podstawowych pojęć stosowanych w tomografii. Przegląd technik tomograficznych. Obszary zastosowań. Tomografia analogowa (klasyczna).
2. Analityczne metody rekonstrukcji obrazu z projekcji. (2h) Transformata Radona. Operator wstecznej projekcji. Twierdzenie o projekcji. Algorytm filtrowanego i splatanego rzutu wstecznego. Twierdzenie o wstecznej projekcji.
3. Algorytm filtrowanej projekcji wstecznej. (2h) Dyskretna transformata Radona. Własności filtru ||. Funkcje okna filtru tomograficznego. Filtry adaptacyjne.
4. Algebraiczne metody rekonstrukcji obrazu z projekcji. (2h) Rekonstrukcja obrazu z projekcji jako rozwiązanie problemu liniowego. Statystyczny model pomiarowy. Liniowe zadanie najmniejszych kwadratów. Problem odwrotny. Iteracyjne metody rekonstrukcji: relaksacyjne metody rozwiązywania układu równań liniowych (algorytm ART), algorytmy jednoczesne SIRT.
5. Statystyczne metody rekonstrukcji obrazu z projekcji. (2h) Statystyczny model pomiaru projekcji w tomografii emisyjnej. Rekonstrukcja jako poszukiwanie estymatora największej wiarygodności. Iteracyjny algorytm ML-EM.
6. Rentgenowska tomografia transmisyjna. (2h) Własności promieniowania X: generacja i detekcja. Budowa tomografu: układ pomiarowy, tomografy trzeciej generacji, EBCT, helikalne, 3D.
7. Rentgenowska tomografia transmisyjna. (2h) Budowa tomografu: system akwizycji danych, komputerowy system rekonstrukcji i wizualizacji obrazów. Dobór parametrów ekspozycji i prezentacji danych. Narażenie na promieniowanie jonizujące.
8. Tomografia emisyjna jednofotonowa. (2h) Izotopy i znaczniki izotopowe. Budowa gamma-kamery obrotowej. Dwuwymiarowa projekcja równoległa. Efekty fizyczne wpływające na jakość obrazów. Statystyka danych. Osłabianie promieniowania. Metody korekcji osłabiania promieniowania: Sorenson, Chang.
9. Tomografia emisyjna pozytonowa. (2h) Podstawy fizyczne. Anihilacja pary pozyton-elektron. Własności izotopów i znaczników. Detekcja koincydencji i kolimacja elektroniczna. Budowa tomografu PET. Korekcja osłabiania promieniowania. Metody korekcji zdarzeń przypadkowych.
10. Tomografia NMR. (2h) Zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego w ujęciu kwantowym i makroskopowym. Wektor magnetyzacji. Częstotliwość precesji Larmora. Czasy relaksacji. Zasada działania tomografii NMR. Pomiar projekcji za pomocą gradientów pola magnetycznego. Obrazowanie z użyciem wstecznej projekcji.
11. Tomografia NMR. (2h) Fazowe kodowanie przestrzeni. Obrazowanie Fourierowskie. Sekwencja „spin-echo”. Obrazowanie dynamiczne. Technika „echo-planar”.
12. Elektryczna tomografia pojemnościowa. (2h) Model pomiarowy w tomografii pojemnościowej. Przestrzenny rozkład przenikalności elektrycznej i rozkład pola elektrycznego w czujniku tomograficznym. Macierz czułości. Metody rekonstrukcji obrazów: zlinearyzowana projekcja wsteczna, iteracyjne algorytmy modyfikacji macierzy czułości. Obszary zastosowań. Własności elektryczne tkanek biologicznych.
13. Metody oceny jakości obrazów tomograficznych. (2h) Podstawowe pojęcia i definicje. Rodzaje fantomów fizycznych. Standaryzacja.
14. Metody wizualizacji i przetwarzania obrazów tomograficznych. (3h) Prezentacja topogramu i tomogramów. Monochromatyczna skala szarości i skale barwne. Skala Hounsfielda. Okienkowanie. Prezentacja wielopłaszczyznowa MPR. Metody prezentacji 3W.

Zakres ćwiczeń, laboratorium, projektu:
Celem laboratorium jest zapoznanie się z podstawami fizycznymi i matematycznymi tomografii komputerowej jak również praktyczne poznanie urządzeń tomograficznych, poznanie zasad obsługi, strojenia i oceny parametrów technicznych aparatów tomograficznych. Ćwiczenia laboratoryjne obejmują symulacje projekcji tomograficznych, praktyczne pomiary tomograficzne fantomów fizycznych, algorytmy rekonstrukcji obrazów oraz metody wizualizacji obrazów tomograficznych.

1. Symulacja danych tomograficznych (projekcji) dla fantomu matematycznego głowy z uwzględnieniem szumu.
2. Badanie własności algorytmów rekonstrukcji obrazu z projekcji na przykładzie algorytmu filtrowanej projekcji wstecznej.
3. Pomiary w tomografii rentgenowskiej.
4. Metody prezentacji i przetwarzania obrazów w tomografii rentgenowskiej.
5. Zjawisko rezonansu magnetycznego, metody pobudzenia, kształt odpowiedzi (FID), kodowanie częstotliwościowe przestrzeni pomiarowej.
6. Pomiary w elektrycznej tomografii pojemnościowej.

**Metody oceny:**

Laboratoria 40 punktów
Egzamin 60 punktów

Skala ocen
91-100 5
81-90 4.5
71-80 4
61-70 3.5
51-60 3
0-50 2

**Egzamin:**

**Literatura:**

1. G.T. Herman (editor), “Image reconstruction from projections, implementation and applications”, Springer-Verlag, 1979
2. G.T. Herman, “Image reconstruction from projections, The fundamentals of computerized tomography”, Academic Press, 1980
3. F. Natterrer, “The mathematics of computerized tomography”, John Wiley & Sons Ltd, 1986
4. Z.H. Cho, J.P. Jones, M. Singh, ”Foundation of Medical Imaging”, John Wiley & Sons Inc, 1993
5. C.N. Chen, D.I. Hoult, “Biomedical Magnetic Resonance Technology”, IOP Publishing Ltd, 1989
6. A. C. Kak, M. Slaney, “Principles of Computerized Tomographic Imaging”, IEEE Press, IEEE Inc., 1988 (electronic copy (c) A. C. Kak, M. Slaney)
7. A.E. Todd-Pokropek, M.A. Viergever, “Medical Images: Formation, Handling and Evaluation”, Springer-Verlag, 1992
8. J. Sikora, “Algorytmy numeryczne w tomografii impedancyjnej i wirowoprądowej”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000
9. S.F. Filipowicz, T. Rymarczyk, „Tomografia impedancyjna. Pomiary, konstrukcje i metody tworzenia obrazu„, BEL Studio Sp. z o.o., Warszawa 2003
10. R. Cierniak, „Tomografia komputerowa. Budowa urządzeń CT. Algorytmy rekonstrukcyjne”, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2005
11. F. Jaroszyk, „Biofizyka”, PZWL, Warszawa 2002
12. W. Smolik, Materiały do wykładu, http://www.ire.pw.edu.pl/~wsmolik

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajmość metod rekonstrukcji obrazu z projekcji

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajmość metod rozwiązywania problemów źle postawionych

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajomość podstaw fizycznych technik tomograficznych takich jak tomografia rentgenowska, emisyjna, resonansu magnetycznego, impedancyjna

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajomość budowy aparatury dla różnych technik tomograficznych

Weryfikacja:

Egzamin, Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajomość metod wizualizacji i przetwarzania obrazów tomograficznych

Weryfikacja:

Egzamin, Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Umiejętność zaprojektowania i realizacji algorytmów rekonstrukcji obrazu z projekcji

Weryfikacja:

Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U07, K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Umiejętność oceny parametrów aparatury tomograficznej

Weryfikacja:

Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U09, K\_U11, K\_U12, K\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka Wpisz opis:**

świadomość znaczenia tomografii komputerowej w medycynie a tym samym w podnoszeniu poziomu życia społeczeństwa

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - wiedza

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajmość metod rozwiązywania problemów źle postawionych

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajomość podstaw fizycznych technik tomograficznych takich jak tomografia rentgenowska, emisyjna, resonansu magnetycznego, impedancyjna

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajomość budowy aparatury dla różnych technik tomograficznych

Weryfikacja:

Egzamin, Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajomość metod wizualizacji i przetwarzania obrazów tomograficznych

Weryfikacja:

Egzamin, Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Znajmość metod rekonstrukcji obrazu z projekcji

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - umiejętności

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Umiejętność zaprojektowania i realizacji algorytmów rekonstrukcji obrazu z projekcji

Weryfikacja:

Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka Wpisz opis:**

Umiejętność oceny parametrów aparatury tomograficznej

Weryfikacja:

Egzamin, Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - kompetencje społeczne

**Charakterystyka Wpisz opis:**

świadomość znaczenia tomografii komputerowej w medycynie a tym samym w podnoszeniu poziomu życia społeczeństwa

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**