**Nazwa przedmiotu:**

Zaawansowane metody opracowania obserwacji

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. Aleksander Brzeziński

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Geodezja i Kartografia

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

GK.SMK201

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2017/2018

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin kontaktowych - 33, w tym:
a) obecność na wykładzie: 15 godzin
b) obecność na ćwiczeniach: 15 godzin
c) konsultacje: 3 godziny
2) Praca własna studenta - 45 godzin, w tym:
a) rozwiązywanie zadań domowych - 15 godzin
b) utrwalenie teorii (praca z literaturą, materiałami z wykładu) - 15 godzin
c) przygotowanie do sprawdzianów - 15 godzin
razem: 78 godzin - 3 punkty ECTS

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

1,3 punktu ECTS - liczba godzin kontaktowych - 33, w tym:
obecność na wykładzie: 15 godzin
obecność na ćwiczeniach: 15 godzin
konsultacje: 3 godziny

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1,9 punktu ECTS - 48 godzin, w tym:
aktywny udział w ćwiczeniach: 15 godzin
konsultacje: 3 godziny
rozwiązywanie zadań domowych: 15 godzin
przygotowanie do sprawdzianów: 15 godzin i

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 225h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 225h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

matematyka na poziomie matury

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Centralnym tematem wykładu jest modelowanie obserwacyjnych szeregów czasowych przy pomocy procesów autoregresji oraz zastosowanie filtru Kalmana do analizy obserwacji liniowych układów dynamicznych. W przypadku tych ostatnich przyjęte jest założenie, że opisywany proces fizyczny jest ciągły, natomiast obserwacje wykonywane są z określonym krokiem czasowym. Wymienione wyżej tematy są poprzedzone omówieniem potrzebnych zagadnień z zakresu rachunku prawdopodobieństwa i statystyki, algebry liniowej oraz analizy matematycznej, które uczestnicy studiów drugiego stopnia powinni znać z wcześniejszych wykładów.

**Treści kształcenia:**

Wykaz zagadnień
1. Przypomnienie zagadnień w zakresie tematów ogólnych
1.1. arytmetyka liczb zespolonych, trajektorie punktów na płaszczyźnie zespolonej,
1.2. elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej – zmienne losowe skokowe i ciągłe, parametry opisowe zmiennych losowych, opis wybranych rozkładów (zero-jedynkowy, dwumianowy, jednostajny, normalny, chi-kwadrat, Studenta), parametry rozkładów wielowymiarowych – momenty, macierz kowariancji, współczynniki korelacji,
1.3. procesy stochastyczne, charakterystyki procesów – funkcja autokorelacji, funkcja interkorelacji, gęstość widmowa, wzajemna gęstość widmowa,
1.4. elementy algebry liniowej – zagadnienie własne, diagonalizacja macierzy,
1.5. równania różniczkowe zwyczajne o stałych współczynnikach, wyznaczanie macierzy przejścia z wykorzystaniem twierdzenia o diagonalizacji i zmiennych zespolonych, rozwiązania swobodne i wymuszone, stabilność rozwiązań.
2. Analiza szeregów czasowych: model autoregresji
2.1. definicja dyskretnego procesu autoregresji, przedstawienie równania procesu z wykorzystaniem operacji przesunięcia wstecz, proces AR jako wynik filtracji liniowej, reprezentacja w dziedzinie częstotliwości,
2.2. główne charakterystyki procesu AR: wariancja, funkcja autokorelacji, funkcja gęstości widmowej,
2.3. rozkład operatora autoregresji na czynniki liniowe i jego wykorzystanie: badanie stacjonarności procesu AR, analityczna postać funkcji autokorelacji i funkcji prognozy,
2.4. praktyczne wykorzystanie modelu AR do analizy danych empirycznych: wyznaczanie rzędu modelu i estymacja jego współczynników, analiza widmowa metodą największej entropii (maximum entropy method – MEM).
3. Podstawy filtru Kalmana
3.1. ogólny opis filtru Kalmana i jego zastosowań we współczesnej geodezji, liniowe układy dynamiczne dla procesów ciągłych i ich opis przez stochastyczne równania różniczkowe, opis rozwiązania układu i określenie warunków stabilności,
3.2. sformułowanie dla procesów dyskretnych, transformacja równań różniczkowych procesu ciągłego na równania różnicowe dla jego dyskretnej próbki, liniowy model pomiarów i określenie warunku obserwowalności systemu,
3.3. macierz wagowa Kalmana i opis procedury filtracji metodą Kalmana,
3.4. szczegółowy opis przykładów demonstrujących działanie filtru Kalmana.
4. Klasyczna analiza Fouriera na tle metod parametrycznych analizy widmowej, omówienie algorytmu liczenia widma z wykorzystaniem metody najmniejszych kwadratów.

**Metody oceny:**

Zaliczenie ćwiczeń: obowiązek uczestniczenia w zajęciach; dopuszczalne są nieusprawiedliwione nieobecności na 2 godz. ćwiczeń; podstawą zaliczenia jest aktywny udział w zajęciach oraz rozwiazywanie zadań domowych.
Zaliczenie wykładu: sprawdziany w 7 i 14 tygodniu zajęć.
Ocena końcowa: średnia ważona ocen z ćwiczeń i zaliczenia wykładu (wagi odpowiednio 0.55 i 0.45)

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Bronsztejn I. N., K. A, Siemiendiajew, G. Musiol and H. Mühlig (2009). Nowoczesne kompendium matematyki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Wiśniewski Z. (2005). Rachunek wyrównawczy w geodezji (z przykładami), Wydawnictwa Uniwersytetu Warminsko-Mazurskiego w Olsztynie.
Box G. E. P. and G. M. Jenkins (1983). Analiza szeregów czasowych, PWN, Warszawa.
Press W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling and B. P. Flannery (1992). Numerical Recipes in Fortran, The Art of Scientific Computing, Second Edition, Cambridge University Press.
Gelb A., (ed.) (1974). Applied Optimal Estimation, The M.I.T. Press, Cambridge, Mass., (reprint 1986).
Marple S. L., Jr. (1987). Digital Spectral Analysis with Applications, Prentice-Hall, Englewood, Cliffs., New Jersey.
Strang G., and Borre K., 1997, Linear algebra, geodesy, and GPS, Wellesley-Cambridge Press, Wellesley, MA 02181 USA.
Arnold V. I., 1973, Ordinary Differential Equations, (translated from Russian and edited by R. A. Silverman), The M.I.T. Press, Cambridge, Mass., and London, England (Polish translation was published by PWN in 1975).
Brzeziński A., 1987, Polar motion and excitation functions, Mitteilungen der geodaetischen Institute der Technischen Universitaet Graz, Folge 58, Graz, Austria.
Brzeziński A., 1995, On the interpretation of maximum entropy power spectrum and cross-power spectrum in earth rotation investigations, Manuscripta Geodaetica, Vol. 20, pp. 248–264.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

brak

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt GK.SMK201\_W1:**

Ma pogłębioną wiedzę w zakresie zaawansowanych metod opracowania danych jak oszacowanie widma empirycznych ciągów czasowych zarówno metodą klasycznej analizy Fouriera, jak i metodą największej entropii wykorzystującą model autoregresji.

Weryfikacja:

rozwiązywanie zadań domowych na ćwiczeniach, sprawdzian pisemny na wykładzie

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W01

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W01, T2A\_W02

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt GK.SMK201\_U1:**

Umie zastosować modele autoregresji i filtr Kalmana do rozwiązywania zagadnień praktycznych w zakresie geodezji i geodynamiki. Potrafi poszerzać swoją wiedzę z zakresu zaawansowanych metod rachunku wyrównawczego z użyciem fachowej literatury.

Weryfikacja:

rozwiązywanie zadań domowych na ćwiczeniach, sprawdzian pisemny na wykładzie

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U05, K\_U09

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U04, T2A\_U10, T2A\_U11, T2A\_U09, T2A\_U10