**Nazwa przedmiotu:**

Zaawansowane metody opracowania obserwacji GNSS

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Tomasz Liwosz

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Geodezja i Kartografia

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

GK.SMK

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1. Godziny kontaktowe 50, w tym:
a) Obecność na wykładach: 15 h
b) Obecność na zajęciach projektowych: 30 h
c) konsultacje: 5 h
2. Praca własna studenta 50 godzin, w tym:
a) Wykonanie ćwiczeń domowych: 20 h
b) Przygotowanie do egzaminu: 20 h
c) przygotowanie prezentacji: 10 h
3. Razem: 100 godzin

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

2 punkty ECTS, 50 godzin, w tym:
a) Obecność na wykładach: 15 h
b) Obecność na zajęciach projektowych: 30 h
c) Konsultacje: 5 h

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2 punkty ECTS, 50 godzin, w tym:
a) Udział w zajęciach projektowych: 30 h
b) Wykonanie ćwiczeń domowych i przygotowanie sprawozdań: 20 h

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 30h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wiadmości z geodezji satelitarnej, astronomii geodezyjnej, matematyki, fizyki.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów ze współczesnymi metodami modelowania i opracowania obserwacji GNSS oraz z uzyskiwanymi na podstawie opracowania obserwacji GNSS wynikami i ich zastosowaniem. Przekazywana na przedmiocie wiedza jest szczególnie istotna w kontekście wyzwań rynku pracy.

**Treści kształcenia:**

Wykłady:
1. Przegląd systemów GNSS: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou.
2. Ziemski i niebieski system i układ odniesienia i ich wzajemne relacje.
3. Orbity satelitów GNSS. Perturbacje orbit satelitów GNSS.
4. Obserwacje GNSS.
5. Zaawansowane modelowanie obserwacji GNSS.
 a. Opóźnienie troposferyczne i jonosferyczne.
 b. Efekty geofizyczne powodujące zmianę położenia punktów na powierzchni Ziemi.
 c. Położenie centrum fazowego anteny i jego zmiany.
 d. Błędy zegarów satelitów i odbiorników.
 e. Efekty relatywistyczne.
6. Rozszerzone równania obserwacji GNSS. Wybrane kombinacje liniowe obserwacji.
7. Wyrównanie obserwacji GNSS. Metoda różnicowa. Metoda PPP.
8. Wybrane metody i strategie rozwiązywania nieoznaczoności fazy.
9. Parametry wyznaczane za pomocą GNSS.
10. Zastosowania GNSS.
11. Służby IERS, IGS, EUREF.

Ćwiczenia:

Ćwiczenia obejmują projekty polegające na opracowaniu obserwacji GNSS z wykorzystaniem naukowego oprogramowania oraz własnych skryptów w środowisku Matlab/Octave:
1. Transformacja współrzędnych satelity GNSS pomiędzy ziemskim (ITRS) i niebieskim (GCRS) systemem odniesienia.
2. Wyznaczanie orbity satelity GNSS. Całkowanie równań ruchu satelity z uwzględnieniem perturbacji.
3. Modelowanie wybranych efektów występujących jako poprawki w równaniach obserwacyjnych GNSS, takich jak:
 a) opóźnienie troposferyczne (funkcje GMF, VMF1),
 b) opóźnienie jonosferyczne,
 c) zmiana położenia centrum fazowego anteny,
 d) efekty relatywistyczne, efekt polaryzacji fazy (phase wind-up).
4. Własności kombinacji liniowych obserwacji GNSS.
5. Model matematyczny wyrównania obserwacji różnicowych i nieróżnicowych. Korelacje obserwacji fazowych.

**Metody oceny:**

Egzamin końcowy obejmujący całość wyłożonego materiału
Zaliczenie zadań domowych i sprawozdania z wyrównania obserwacji GNSS
Ocena końcowa: ocena z egzaminu (wymagane zaliczenie ćwiczeń domowych i sprawozdania)

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Hofmann-Wellenhof B., H. Lichtenegger, E. Wasle (2007) GNSS: Global Navigation Satellite Systems, Springer
2. Montenbruck, O., E. Gill (2005) Satellite orbits. Models, methods, applications. Springer
3. Seeber, G. "Satellite Geodesy", de Gruyter, 2003
4. Teunissen, P., O. Montenbruck (2017) Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, Springer

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt SMS262\_W01:**

Student ma pogłębioną wiedzę w zakresie opracowania obserwacji globalnych systemów nawigacyjnych. Zna efekty występujące w pomiarach GNSS (wpływ atmosfery, błędy instrumentalne, wielodrożność sygnału, efekty relatywistyczne) oraz posiada wiedzę w zakresie ich modelowania. Zna różnice w modelowaniu obserwacji GPS i GLONASS.

Weryfikacja:

Egzamin na końcu semestru

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W09

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W04, T2A\_W05, T2A\_W07

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt SMS262\_U01:**

Student potrafi wykorzystać modele atmosfery w opracowaniu pomiarów satelitarnych; potrafi wyznaczyć poprawki troposferyczne i jonosferyczne. Zna efekty geofizyczne modelowane w opracowaniu obserwacji GNSS. Potrafi wykonać transformację współrzędnych satelity pomiędzy ziemskim i niebieskim systemem odniesienia. Potrafi opracować obserwacje satelitarne GNSS w regionalnej sieci punktów dla celów geodynamicznych.

Weryfikacja:

Egzamin, ćwiczenia domowe

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U20

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U09

**Efekt SMS262\_U2:**

Student potrafi wykonać transformację pomiędzy ziemskim i niebieskim systemem odniesienia.

Weryfikacja:

Ćwiczenie domowe

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U21

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U09

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt SMS262\_K01:**

Potrafi przygotować i zaprezentować referat na temat współczesnych zastosowań metod geodezji satelitarnej.

Weryfikacja:

Ocena prezentacji referatu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_K02

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_K07