**Nazwa przedmiotu:**

Systemy wspomagania GNSS

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Dominik Próchniewicz

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Geodezja i Kartografia

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

GK.SMS

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1) Liczba godzin kontaktowych - 48, w tym:
a) obecność na wykładach: 15 x 1 godz. = 15 godz.
b) udział w zajęciach projektowych: 15 x 2 godz. = 30 godz.
c) udział w konsultacjach związanych z realizacją projektu: 3 x 1 godz. = 3 godz.
2) Praca własna studenta - 55 godzin, w tym:
a) samodzielne studia literaturowe: 15 godz.
b) realizacja zadań projektowych (pisanie programu, przygotowanie sprawozdań): 30 godz.
c) przygotowanie do zaliczenia wykładu: 10 godz.
Łączny nakład pracy studenta wynosi 103 godz., co odpowiada 4 punktowi ECTS

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

2 punkty ECTS - 48 godz., w tym:
a) obecność na wykładach: 15 x 1 godz. = 15 godz.
b) udział w zajęciach projektowych: 15 x 2 godz. = 30 godz.
c) udział w konsultacjach związanych z realizacją projektu: 3 x 1 godz. = 3 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2 punkty ECTS - 60 godz., w tym:
a) udział w zajęciach projektowych: 15 x 2 godz. = 30 godz.
b) realizacja zadań projektowych (pisanie programu, przygotowanie sprawozdań): 30 godz.

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

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

**Wymagania wstępne:**

1. Znajomość zagadnień z Geodezji Wyższej oraz Geodezyjnych Układów Odniesienia dot. geodezyjnych układów współrzędnych oraz transformacji współrzędnych.
2. Znajomość zagadnień Geodezji Satelitarnej oraz Satelitarnych Technik Pomiarowych, dot. budowy i zasady działania systemów GNSS, technik pomiarowych GNSS oraz opracowania danych GNSS.
3. Znajomość zagadnień z Geofizyki w zakresie budowy atmosfery i magnetyzmu ziemskiego (bieguny geomagnetyczne, magnetosfera).

**Limit liczby studentów:**

16

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest przekazanie zaawansowanej wiedzy oraz wyspecjalizowanie absolwentów w tematyce dotyczącej projektowania oraz użytkowania systemów wspomagania globalnych systemów nawigacyjnych GNSS, w szczególności w kontekście współczesnych zmian technologicznych w systemach pomiarowych oraz wyzwań rynku pracy. Przedmiot ten obejmuję tematykę nowoczesnych technologii pomiarowych GNSS dzięki czemu umożliwia dostosowanie wiedzy absolwentów do wymagań społeczno-gospodarczych oraz potrzeb rynku pracy i wymagań pracodawców. Szczegółowymi celami przedmiotu są:
1. Przekazanie zaawansowanej wiedzy na temat tworzenia, działania oraz wykorzystywania naziemnych i satelitarnych systemów wspomagania technik pomiarowych GNSS w precyzyjnym pozycjonowaniu, nawigacji oraz badaniach środowiskowych.
2. Poznanie różnych metod modelowania zjawisk refrakcyjnych w atmosferze: zapoznanie się z ogólnodostępnymi bazami danych dot. parametrów atmosfery i jonosfery.

**Treści kształcenia:**

1. Błędy w różnicowych pomiarach GNSS: sposoby wyznaczani (residua obserwacji, kombinacje liniowe, różnicowanie), charakterystyka czasowa i przestrzenna.
2. Technologia kodowa DGNSS: modele poprawek w dziedzinie współrzędnych, obserwacji i wektora stanu, istniejące systemy SBAS/GBAS (EGNOS, inne komercyjne).
3. Technologia fazowa RTK/RTN: matematyczny model wyznaczenia pozycji, schemat rozwiązania sieciowego, dostępne w Polsce sieci/poprawki.
4. Rozwiązanie nieoznaczoności w pomiarach kinematycznych: metody estymacji całkowitoliczbowej, strategie rozwiązania nieoznaczoności, testy walidacji nieoznaczoności.
5. Filtr Kalmana w pozycjonowaniu kinematycznym: model matematyczny dla względnego pozycjonowania fazowego.
6. Budowa atmosfery: podstawowe modele, równanie stanu, cechy troposfery, para wodna w atmosferze.
7. Opóźnienie troposferyczne: refraktywność sucha i wilgotna, modele opóźnienia troposferycznego.
8. Scałkowana zawartość pary wodnej IWV/IPW: obliczanie, klimatologia IPW.
9. Numeryczne prognozowanie pogody a dane o opóźnieniu troposferycznym: konstrukcja równań, popularne modele.
10. Gradienty troposferyczne, empiryczne funkcje odwzorowawcze, śledzenie ścieżki promienia.
11. Budowa jonosfery: warstwy, skład, zmienność, aktywność słońca, wiatr słoneczny, pomiary jonosfery, modelowanie opóźnienia jonosferycznego.
12. Opóźnieni jonosferyczne i troposferyczne w pomiarach geodezji satelitarnej: metodyka estymacji opóźnienia troposferycznego, różne typy rozwiązani ZTD, dostępne oprogramowanie, jonosferyczne funkcje odwzorowawcze, bazy danych w ramach służb IGS i EPN (produkty troposferyczne i jonosferyczne).

**Metody oceny:**

1. Zaliczenie wykładu w formie pisemnej.
2. Realizacja zadań projektowych:
- "Rozwiązanie sieci stacji GNSS"
- "Pozycjonowanie DGNSS"
- "Powierzchniowe modele poprawek RTN"
- "Pozycjonowanie RTN"
- "Atmosfera standardowa"
- "Modele ZTD"
- "Modele opóźnienia jonosferycznego"
3. Obecność na zajęciach projektowych, dopuszczalne usprawiedliwione nieobecności: 2 godz.;
4. Zaliczenie projektów w formie ustnej.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Teunissen, P., & Montenbruck, O. (Eds.). (2017). Springer handbook of Global Navigation Satellite Systems. Springer.
2. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. & Wasle, E. (2008). GNSS Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo & more. Springer-Verlag, Wien.
3. Proceedings of the International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION), 2003-2018.
4. Seeber, G. (2003). Satellite Geodesy: fundations, methods and applications. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2nd completely rev. and extended edition.
5. Böhm, J. & Schuh, H., (2013). Atmospheric Effects in Space Geodesy, Springer Heidelberg New York Dordrecht London.
6. Andrews D.G. (2000). An Introduction to Atmospheric Physics, Cambridge University Press, Cambridge.
7. McIlven, R. (2010). Fundamentals of Weather and Climate. Second Edition, Oxford University Press.
8. Woś Alojzy (2006). Meteorologia dla geografów, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
9. Tamulewicz J. (1997). Pogoda i klimat Ziemi. Wielka Encyklopedia Geografii Powszechnej Świata. Wydawnictwo Kurpisz SA, Poznań.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

brak

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt GK.SMS\_W01:**

Ma wiedzę na temat matematycznego modelu wyznaczenia pozycji w systemach GNSS

Weryfikacja:

Zaliczenie wykładu w formie pisemnej, zaliczenie projektów "Pozycjonowanie DGNSS", "Pozycjonowanie RTN" w formie ustnej

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W09

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

**Efekt GK.SMS\_W02:**

Ma pogłębioną wiedzę na temat zasad wykonywania pomiarów satelitarnych GNSS i DGNSS

Weryfikacja:

Zaliczenie wykładu w formie pisemnej, zaliczenie projektów w formie ustnej

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W03, K\_W06, K\_W09

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04, T2A\_W07, T2A\_W09, T2A\_W11, T2A\_W04, T2A\_W05, T2A\_W07

**Efekt GK.SMS\_W03:**

Ma wiedzę na temat naziemnych i satelitarnych systemów wspomagania pozycjonowania GNSS

Weryfikacja:

Zaliczenie wykładów w formie pisemnej

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W05, K\_W16

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W10, T2A\_W08, T2A\_W09, T2A\_W04, T2A\_W05

**Efekt GK.SMS\_W04:**

Ma wiedzę na temat modelowania błędów obserwacji GNSS w systemach wspomagania GNSS

Weryfikacja:

Zaliczenie pisemne wykładów oraz wykonanie i zaliczenie ustne projektów "Rozwiązanie sieci stacji GNSS", "Powierzchniowe modele poprawek RTN"

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W09, K\_W16

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

**Efekt GK.SMS\_W05:**

Ma wiedzę na temat budowy atmosfery oraz modelowania zjawisk refrakcyjnych w atmosferze

Weryfikacja:

Zaliczenie pisemne wykłądu oraz wykonanie i zaliczenie ustne projektów: "Atmosfera standardowa", "Modele ZTD", "Modele opóźnienia jonosferycznego"

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W03, K\_W16

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04, T2A\_W07, T2A\_W04, T2A\_W05

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt GK.SMS\_U01:**

Potrafi modelować błędy jonosferyczne i geometryczne oraz wyznaczać parametry korekt DGNSS/RTK/RTN

Weryfikacja:

Wykonanie oraz zaliczenie w formie ustnej projektów: "Rozwiązanie sieci stacji GNSS", "Powierzchniowe modele poprawek RTN", "Modele ZTD", "Modele opóźnienia jonosferycznego"

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U07, K\_U17

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U16, T2A\_U15, T2A\_U07, T2A\_U18, T2A\_U19

**Efekt GK.SMS\_U02:**

Potrafi skonstruować oraz rozwiązać model pozycjonowania GNSS i DGNSS

Weryfikacja:

Wykonanie oraz zaliczenie w formie ustnej projektów: "Pozycjonowanie DGNSS", "Pozycjonowanie RTN"

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U03, K\_U07, K\_U08, K\_U17

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U04, T2A\_U16, T2A\_U15, T2A\_U05, T2A\_U12, T2A\_U17, T2A\_U18, T2A\_U07, T2A\_U18, T2A\_U19

**Efekt GK.SMS\_U03:**

Potrafi pozyskiwać oraz modelować parametry atmosfery i jonosfery na potrzeby pozycjonowania GNSS

Weryfikacja:

Zaliczenie wykładu w formie pisemnej oraz wykonanie i zaliczenie w formie ustnej projektów: "Atmosfera standardowa", "Modele ZTD", "Modele opóźnienia jonosferycznego"

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U01, K\_U08, K\_U17

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U05, T2A\_U12, T2A\_U17, T2A\_U18, T2A\_U07, T2A\_U18, T2A\_U19