**Nazwa przedmiotu:**

Wybrane działy nawigacji

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Ryszard Szpunar

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Geodezja i Kartografia

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

GK.SMS251

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

1) Liczba godzin kontaktowych - 65 godzin, w tym:
a) obecność na wykładach - 30 godzin,
b) obecność na zajęciach projektowych 30 godzin,
c) konsultacje - 5 godziny.
2) Praca własna studenta - 30 godzin, w tym
a) wykonanie zadań domowych - 10 godzin,
b) przygotowanie prezentacji - 10 godzin,
c) przygotowanie do udziału w ćwiczeniach 10 godzin,
Razem: 95 godzin = 4 punkty ECTS

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

2 punkty ECTS - liczba godzin kontaktowych - 65 godzin, w tym:
a) obecność na wykładach 30 godzin,
b) obecność na zajęciach projektowych 30 godzin,
c) konsultacje - 5 godziny.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2 punkt ECTS - 40 godzin, w tym:
obecność na zajęciach projektowych 30 godzin,
wykonanie zadań domowych 10 godzin.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Podstawowa wiedza z zakresu, geodezji wyższej, geodezji fizycznej. Zawansowana wiedza na temat definicji układów współrzednych oraz metod transformacji pomiedzy układami. Podstawowa wiedza na temat zasad działania algorytmów rekurencyjnych wykorzystywanych w estymacji lub filtracji parametrów. Zaawansowana wiedza na temat ogólnych zasad działania Globalnych Systemów Nawigacji Satelitarnej (GNSS)., w szczególności w kontekście metod wyznaczania pozycji użytkownika

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zasadami nawigacji lotniczej, morskiej i lądowej (również urządzenia nawigacyjne) w ujęciu klasycznym. Szczegółowa tematyka obejmuje zagadnienia związane w zasada działania sensorów pomiarowych w szczególności w kontekście współczesnych zmian technologicznych w systemach pomiarowych oraz wyzwań rynku pracy. Ponadto zagadnienia przedmiotu obejmują
zagadnienia związane z: nowoczesnymi technologiami pomiarowymi, nowoczesnymi algorytmami integracji obserwacji oraz algrorymami wyznaczania parametrów nawigacyjnych. Poruszane zagadnienia umożliwiaja dostosowanie wiedzy absolwentów do wymagań społecznogospodarczych oraz potrzeb rynku pracy i wymagań pracodawców.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
• Wprowadzenie do nawigacji: podstawowe zagadnienia nawigacji w ujęciu historycznym, odwzorowania i mapy nawigacyjne.
• Klasyfikacja technologii nawigacyjnych: nawigacja wewnątrz budynków (ang. indoor navigation), nawigacja w przestrzeni otwartej (ang. outdoor navigation): lądowa, morska, lotnicza, nawigacja w przestrzeni kosmicznej (ang. deep space navigation)
• Układy odniesienia w nawigacji, metody pozycjonowania i wielkości mierzone: triatelacja (ToF, RSS), Triangulacja (AoA), hiperbola nawigacyjna (TDOA), nawigacja porównawcza (terestryczna), proximity.
• Podstawowe parametry nawigacyjne. Kinematyczne równanie ruchu i jego całkowanie
• Zasada działania wybranych przyrządów nawigacyjnych: sensory inercyjne (akcelerometr, żyroskop), magnetycznych (magnetometr), ciśnieniowych (barometr). Charakterystyka błędów wybranych czujników nawigacyjnych.
• Systemy Nawigacji Satelitarnej (aktualne systemy).
• Architektura systemów GNSS: GBAS, SBAS), radionawigacja (Loran), nawigacja inercyjna (INS, AHRS),
• Formaty i standardy nawigacyjne: NMEA, RTCM.
• Systemy wspomagające nawigację: augmented (SBAS, GBAS), aided (pseudolites, LTE, 5G), assisted (AGPS).
• Orientacja obiektów ruchomych, reprezentacja matematyczna i metody estymacji.
• Zintegrowane systemy nawigacyjne (INS/GNSS).
• Monitoring kontroli niezawodności systemów nawigacyjnych (RAIM, ARAIM)
• Nawigacja autonomiczna (based on autonomous car- autonomous driving level, vehicle to vehicle navigation, )
• Mobilny skaning laserowy
• Wymagania wydajnościowe systemów Nawigacyjnych (Required navigation performance, RNP). Procedury operacji bezzałogowymi platformami lotniczymi (UAV).

Tematyka projektów:
• Definicja układu chwilowego (radial, along-track, cross-track) związanego z platformą mobilną. Podstawowe transformacje niezbędne do kalibracji sensorów nawigacyjnych na platformie mobilnej.
• Zasady działania sensorów inercyjnych na przykładzie technologii MEMS. Omówienie protokołu I2C (Inter-integrated Circuit Protocol). Przeliczanie surowych obserwacji (volty) do wartości metrycznych (zmiany kątowe, przyrosty odległości)
• Klasyfikacja błędów, dokładność i kalibracja sensorów pomiarowych.
• Matematyczna reprezentacja orientacji platform mobilnych: kosinusy kierunkowe, kąty Eulera, Kwaterniony.
• Fuzja obserwacji z sensorów inercyjnych: filtr komplementarny, filtr Kalmana
• Chwilowe wyznaczenie orientacji (instantaneous/snapshot), Wahba's problem - wybrane metody rozwiązań: Davenport's q-method, QUEST i SVwyD, TRIAD.
• Wybrane algorytmy AHRS: Madgwick, Mahony
• Wybrane metody interpolacji obrotów: Spherical Linear Quaternion Interpolation (SLERP)
• Wyznaczanie orintacji na podstawie obserwacji wieloantenowego systemu GNSS.
• Porównanie Extended Filter i Particle filter - algorytmy lokalizacji 2D
• Algorytm nawigacji zintegrowanej GNSS/INS (dead-reckoning).
• Algorytm nawigacji zintegrowanej GNSS/INS (loose coupling, tight coupling).
• Algorytm kontroli niezawodności systemu nawigacyjnego (RAIM, ARAIM)
• Nawigacja wewnątrz budynku na podstawie obserwacji mocy/intensywności sygnału (received signal strength indication or RSSI) z wykorzystaniem infrastruktury sieci WLAN.
• Wybrane algorytmy planowania trasy.

**Metody oceny:**

Końcowa ocena wiedzy i umiejetnosci składa sie z oceny z projektu z wagą 0.5
oraz oceny z egzaminu z wagą 0.5, prowadzacy ma prawo do korekty oceny o
pół stopnia. Zaliczenie wykładu realizowane jest poprzez zaliczenie egzaminu
pisemnego o charakterze teoretyczno-problemowym (zaliczenie wymaga uzyskania
minimum 60% punktów). Do zaliczenia ćwiczen wymagane jest uzyskanie pozytywnych
ocen ze wszystkich sprawozdać z projektów oraz obecnośćna zajeciach. Nieusprawiedliwiona nieobecność na wiecej niz 2 zajeciach projektowych oznacza niezaliczenie przedmiotu. Student nieobecny na zajeciach projektowych ma obowiazek zgłosic sie do prowadzacego celem uzgodnienia terminu (lub metody) odrobienia zajęć. Dodatkowym uzupełnieniem oceny jest merytoryczna aktywność studenta w trakcie zajęć.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Teunissen, P. J. and Montenbruck, O. (2017): Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, Springer International Publishing AG 2017,

Hofmann-Wellenhof, B. (2003): Navigation: Principles Of Positioning And Guidance
Springer, 2003

Groves, P. D. (2013): Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems (second edition), Artech House

Gleason, S. and Gebre-Egziabher, D. (2009): GNSS Applications and Methods, Artech House

Jekeli, C. (2001): Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications, Walter de Gruyter Berlin New York

Markley, F. L. and Crassidis, J. L. (2014): Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control, Springer

Rogers, R. M.(2007): Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems (third edition), American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), Inc.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

brak

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt GK.SMS251\_W01:**

Ma wiedzę z temat integrowania danych z różnych czujników nawigacyjnych

Weryfikacja:

Zaliczenie ustne

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W09, K\_W11, K\_W15

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W04, T2A\_W05, T2A\_W07, T2A\_W02, T2A\_W02, T2A\_W05

**Efekt GK.SMS251\_W02:**

Ma wiedzę z wykorzystania systemów DGNSS w nawigacji

Weryfikacja:

Sprawdzian ustny

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W09, K\_W15, K\_W16

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W04, T2A\_W05, T2A\_W07, T2A\_W02, T2A\_W05, T2A\_W04, T2A\_W05

**Efekt GK.SMS251\_W03:**

Ma wiedzę z zakresu współczesnych systemów nawigacji lotniczej, morskiej, lądowej. Ma wiedzę z zakresu systemów nawigacyjnych indoor

Weryfikacja:

Zaliczenie ustne

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W09, K\_W11, K\_W15, K\_W16

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W04, T2A\_W05, T2A\_W07, T2A\_W02, T2A\_W02, T2A\_W05, T2A\_W04, T2A\_W05

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt GK.SMS251\_U01:**

Umie wykonywać obserwacje, analizować i integrować dane z różnych czujników nawigacynych

Weryfikacja:

Wykonanie ćwiczenia projektowego

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U19

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U08, T2A\_U09, T2A\_U11

**Efekt GK.SMS251\_U02:**

Potrafi wykonywać filtrowanie danych za pomocą wybranych algorytmów

Weryfikacja:

Zaliczenie projektu obliczeniowego. Zaliczenie ćwiczeń na symulatorach.

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U17, K\_U19

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U07, T2A\_U18, T2A\_U19, T2A\_U08, T2A\_U09, T2A\_U11

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt GK.SMS251\_K01:**

Umie samodzielnie opracowywać ćwiczenia projektowe.
Umie w grupie opracowywać ćwiczenia projektowe oraz prezentacje ustne.

Weryfikacja:

Zaliczenie ustne

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_K01, K\_K04

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_K06, T2A\_K03