

**KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ**

Kod przedmiotu	4606-PS-0000BCH-0062	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Systemy radarowe i lidarowe (SRIL)		
			w j. angielskim	Radar and Lidar Systems		
Przynależność do grupy przedmiotów	przedmioty specjalnościowe					
Koordinator przedmiotu	Prof. dr hab. Inż. Krzysztof Kulpa					
Jednostka realizująca	Wydział Elektroniki i Techniki Informatycznych	Dyscypliny naukowe*	Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, Inżynieria Mechaniczna			
Poziom kształcenia	Kształcenie doktorantów	Semestr	Zimowy/letni			
Język zajęć	Polski					
Forma zaliczenia:	zaliczenie na ocenę	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	45	Sumaryczna liczba ECTS	3	
Minimalna liczba uczestników	10	Maksymalna liczba uczestników	60	Dostępność dla studentów	Tak	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	2	–	1	–	–
	łącznie w semestrze	30	–	15	–	–

\* nie dotyczy warsztatu badacza

**1. Wymagania wstępne**

Brak

**2. Cele przedmiotu**

Celem przedmiotu jest zapoznanie słuchaczy z techniką radarową i lidarową w zastosowaniach cywilnych, wojskowych i technikach kosmicznych. W ramach przedmiotu słuchacze poznają podstawy teoretyczne technik radarowych i lidarowych w tym podstawy detekcji obiektów i estymacji ich położenia, podstawy tworzenia tras obiektów i filtracji Kalman, podstawy technik obrazowych SAR i ISAR, zastosowanie radarów w kontroli ruchu lotniczego, nawigacji i ochrony obiektów. Przedstawiane są różne techniki radarowe – radary impulsowe, radary z falą ciągłą FMCW, szumowe oraz pasywne. Studenci zapoznają się z szeroką gamą aplikacji w tym z radarami podziemnymi, radarami samochodowymi, radarami obrony przeciwlotniczej oraz radarami nawigacyjnymi i naprowadzającymi. Studenci zapoznawani są również z technikami lidarowymi – dalmierzami laserowymi oraz skanerami laserowymi. W ramach przedmiotu studenci robią indywidualne projekty – głównie analityczne które przedstawiają na seminarium zaliczeniowym.

**3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)**

**Wykład**

Systemy radarowe i Lidarowe jest przedmiotem mającym na celu zapoznanie słuchaczy z teorią, rozwiązaniami technicznymi oraz wykorzystaniem operacyjnym technik radarowych i lidarowych. W ramach wykładów studenci zapoznają się z podstawami teoretycznymi propagacji fal radiowych, odbiciem fal radiowych od obiektów i wykorzystaniem fali odbitej do wykrywania i obrazowania obiektów. Zapoznają się z równaniem zasięgowym radaru, rozkładami stochastycznymi szumów i sygnałów, metodami detekcji i stabilizacji poziomu fałszywych alarmów, metodami filtracji zakłóceń i ech niepożądaných, metodami estymacji parametrów echa, metodami ekstrakcji plotów, filtracji podetekcyjnej, geolokalizacji wykryć i śledzenia z zastosowaniem filtracji Kalmana i filtru cząsteczkowego.

W ramach przedmiotu studenci zapoznają się z radarowymi technikami obrazowymi w tym zobrazowaniami z Syntetyczną Aperturą SAR oraz zobrazowaniami z Odwrotną Syntetyczną aperturą ISAR.

Przedstawione będą podstawowe techniki radarowe – radary z mechanicznie sterowaną wiązką, radary z elektronicznie sterowaną wiązką, radary wielowiązkowe, techniki SIGMA-DELTA technikami MIMO i radarami szeroko wiązkowymi (gapiącymi się).

W ramach wykładu przedstawione będą różnorodne sygnały sondujące, kompresja sygnałów, analiza sygnałów sondujących za pomocą funkcji niejednoznaczności, techniki impulsowe, techniki z falą ciągłą FMCW, radary szumowe oraz radary pasywne.

Przedstawione będą techniki realizacji urządzeń radarowych – techniki antenowe, techniki mikrofalowe, techniki cyfrowe oraz podejście siecio-centriczne. Dyskutowane będzie podejście kognitywne w technikach radarowych, walce radioelektronicznej, rozpoznaniu obrazowym i niekooperatywnej identyfikacji obiektów.

Przedstawione będą aplikacje technik radarowych i lidarowych w zastosowaniach cywilnych, wojskowych i technikach kosmicznych. Studenci zapoznawania są z szeroką gamą aplikacji w tym z radarami podziemnymi - ich wykorzystaniem w geologii, archeologii, budownictwie i rozminowaniu jak również z radarami samochodowymi – wykrywaniem zagrożeń na drodze, sytuacji kolizyjnych, radarami kontroli przestrzeni powietrznej, w tym radarami pierwotnymi, wtórnymi i radarami podejścia, radarami obrony przeciwlotniczej, radarami nawigacyjnymi, radarami naprowadzającymi naziemnymi i pokładowymi.

Dyskutowane będą zjawiska i techniki radarów samolotowych i satelitarnych, tłumienie zakłóceń o rozszerzonym spektrum Dopplerowskim, techniki wykrywania obiektów naziemnych GMTI, radary głowic rakietowych, radary SAR w tym polarymetryczne i interferometryczne oraz radary do obserwacji kosmosu. Omawiane będą również techniki wykrywania i identyfikacji sygnałów komunikacyjnych i radarowych, kognitywne metody budowania baz danych i ich wykorzystywanie do identyfikacji źródeł i śledzenia obiektów przy wykorzystaniu technik multilateralnych PET (Passive Emitter Tracking)

Studenci zapoznają się z podstawami kognitywnych technik walki radioelektronicznej – zakłócania systemów radarowych i obrony radaru przed zakłóceniami.

Studenci zapoznawani są również z technikami lidarowymi – dalmierzami laserowymi, skanerami laserowymi i urządzeniami obrazującymi wykorzystującymi techniki time of flight camera, tworzenie obrazów 3D otoczenia, wykrywanie zmian i zagrożeń.

Na zakończenie dyskutowane będą podejścia sieciocentryczne, budowanie sieci sensorów i fuzji danych z sieci wraz z problematyką degradacji informacji w przypadku degradacji łączy lub sensorów.

Osobną tematyką prezentowaną na końcowych wykładach będzie technika LIDAR'owa, wykrywanie i obrazowanie obiektów z wykorzystaniem fal świetlnych w paśmie widzialnym, podczerwieni i ultrafiolecie.

Przedstawione będą techniki związane z pomiarem odległości (dalmierze laserowe) prędkości (układy pomiaru częstotliwości dopplerowskiej) skanery laserowe oraz techniki time of flight camera.

Przedstawione będą techniki low photon detection a także technik detekcji kwantowej.

#### Projekt

Projekt wykonywany indywidualnie przez słuchaczy w tematyce systemów radarowych i lidarowych.

W ramach przedmiotu studenci robią indywidualne projekty, których wyniki przedstawiają na seminarium zaliczeniowym.

Szczegółowy zakres projektu jest pierwszym etapem projektu uzgadnianym między studentem i

prowadzącym – tematyka pokrywa przetwarzanie sygnałów radarowych i lidarowych, fuzje danych, implementacje, analizy obszarów aplikacyjnych, analizy możliwości zastosowania technik radarowych i lidarowych w wybranych obszarach aplikacyjnych i wiele innych, tak by projekt był dopasowany do wiedzy posiadanej przez studenta.

W ramach projektu oceniane są dwie fazy

1. Zdefiniowanie tematu projektu, określenie założeń, danych wejściowych i celu końcowego projektu, wybór narzędzi do realizacji projektu.
2. Realizacja projektu i przedstawienie wyników

Wyniki obydwu faz przedstawiane są w formie seminaryjnej.

Przykładowe tematy projektów

1. Analiza stref pokrycia sieci radarowej w wybranej topologii
2. Analiza sygnałów sondujących w radarach obrazujących
3. Analiza podsystemu stabilizacji poziomu fałszywego alarmu w detektorach radarowych
4. Analiza i wybór długości fali w lidarze dalekiego zasięgu
5. Wyznaczenie bilansu energetycznego radaru do obserwacji śmieci kosmicznych

4. Efekty uczenia się			
Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SD PW	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
<b>Wiedza</b>			
W01	Wiedza z zakresu teorii urządzeń radarowych i lidarowych.	SD_W2, SD_W3	ocena projektu
W02	Wiedza na temat zastosowania modeli matematycznych i cyfrowego przetwarzania sygnałów.	SD_W2, SD_W3	ocena projektu
W03	Wiedza z zakresu zastosowania modeli fizycznych	SD_W2, SD_W3	ocena projektu
W04	Wiedza na temat propagacji fal elektromagnetycznych.	SD_W2, SD_W3	ocena projektu
W05	Wiedza na temat implementacji wyników teoretycznych w urządzeniach i ich wdrażania.	SD_W5	ocena projektu
<b>Umiejętności</b>			
U01	Umiejętność analizy teoretycznej i symulacyjnej systemów.	SD_U1, SD_U2	ocena projektu
U02	Umiejętność projektowania systemów.	SD_U1, SD_U2	ocena projektu
U03	Umiejętność przedstawiania wyników analiz i ich dyskusja publiczna	SD_U4, SD_U5	ocena projektu
U04	Umiejętność zaplanowania i realizacji projektów.	SD_U8	ocena projektu
<b>Kompetencje społeczne</b>			
K01	Definicja, realizacja i prezentacja projektu	SD_K1, SD_K2, SD_K4	ocena projektu

\* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

## 5. Kryteria oceny

W połowie semestru odbywa się pierwsze seminarium prezentujące założenia projektu (oceniany w skali do 30 p)  
Na końcu semestru odbywa się drugie seminarium prezentujące wyniki projektu (oceniany w skali do 30 p)

Skala ocen:

<50 pkt.: ocena 2

50-59 pkt.: ocena 3

60-69 pkt.: ocena 3,5

70-79 pkt.: ocena 4

80-89 pkt.: ocena 4,5

90-100 pkt.: ocena 5

## 6. Literatura

1. Skolnik, Merrill I. Introduction to Radar Systems. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
2. Skolnik, Merrill I. Radar Handbook. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 2008.
3. Harrison, Lee Andrew, Introduction to Radar Using Python and MATLAB, Boston, MA Artech House 2019
4. Zbigniew Czekala, Parada radarów, Bellona, 2014
5. Krzysztof Kulpa, Signal Processing in Noise Waveform Radar, Artech House, 2013
6. Mateusz Małanowski, Signal Processing for Passive Bistatic Radar, Artech House, 2019
7. <https://www.radartutorial.eu/index.en.html>
8. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Radar>

## 7. Nakład pracy doktoranta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się\*\*

Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	45
2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	5
3	Godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	40
	Godziny pracy samodzielnej na przygotowanie wystąpień na seminariach.	5
<b>Sumaryczny nakład pracy doktoranta</b>		<b>90</b>
<b>Liczba punktów ECTS</b>		<b>3</b>

\*\* 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy doktoranta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)