



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Teoria i przetwarzanie sygnałów

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i Robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

-

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

niestacjonarne

Rok/semestr

2/3

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

26

Laboratoria

18

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

18

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

8

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr inż. Tomasz Marciniak

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

email: Tomasz.Marciniak@put.poznan.pl

tel. 61 647 5935

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z matematyki i statystyki. Powinien posiadać umiejętność korzystania z komputera, arkusza kalkulacyjnego, a także wykazywać chęć nauki korzystania z innych programów komputerowych, takich jak Matlab. Student powinien umieć pozyskiwać informację ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji, umieć poszukiwać źródła informacji i mieć gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu. Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy i cechy jak: uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, twórcze myślenie, pilność, rzetelność, kultura osobista, dobre wychowanie, szacunek dla innych ludzi, dbałość o sprzęt laboratoryjny.



### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom podstaw wiedzy o technikach przetwarzania sygnałów oraz nauczenie wykorzystywania tej wiedzy w praktyce.
2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów związanych z doбором odpowiednich technik przetwarzania sygnałów do konkretnych celów z wykorzystaniem systemów komputerowych.
3. Nauczenie prawidłowego stosowania metod analizy i przetwarzania sygnałów.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

Student zdobywa wiedzę w zakresie matematyki obejmującą algebrę, geometrię, analizę, probablistykę oraz elementy matematyki dyskretnej i logiki (K1\_W1, K1\_W5), w tym metody matematyczne i metody numeryczne niezbędne do: opisu i analizy własności liniowych i podstawowych nieliniowych systemów dynamicznych i statycznych, opisu i analizy wielkości zespolonych, opisu procesów losowych i wielkości niepewnych, opisu i analizy systemów logicznych kombinacyjnych i sekwencyjnych, opisu algorytmów sterowania i analizy stabilności systemów dynamicznych, opisu, analizy oraz metod przetwarzania sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości, numerycznej symulacji systemów dynamicznych w dziedzinie czasu ciągłego i czasu dyskretnego. Student także zdobywa podstawową wiedzę z zakresu obsługi i wykorzystania narzędzi informatycznych służących do tych celów (K1\_W10).

#### Umiejętności

W wyniku przeprowadzonych zajęć student powinien wykazać się umiejętnościami w zakresie korzystania z podstawowych metod przetwarzania i analizy sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz ekstrahować informacje z analizowanych sygnałów (K1\_U9).

#### Kompetencje społeczne

Student jest gotów do krytycznej oceny zdobywanej wiedzy, rozumie i odczuwa potrzebę ciągłego doskonalenia się oraz podnoszenia kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych, potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób (K1\_K1). Jest także świadomy konieczności profesjonalnego i odpowiedzialnego podejścia do zagadnień technicznych, skrupulatnego zapoznania się z dokumentacją oraz warunkami środowiskowymi wykorzystywanych urządzeń. Ponadto jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej i wymaga tego od innych, szanuje różnorodność poglądów (K1\_K5).

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

- a) w zakresie wykładów – na podstawie odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na poprzednich wykładach,
- b) w zakresie laboratoriów/ćwiczeń – na podstawie oceny znajomości i zrozumienia bieżących zagadnień prezentowanych w ramach przedmiotu.



Ocena podsumowująca:

- a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia jest realizowane przez: ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym o charakterze problemowym (przy czym podczas egzaminu korzystanie z materiałów pomocniczych w tym urządzeń elektronicznych jest niedozwolone), egzamin składa się z 4 zadań problemowych; na egzaminie student może zdobyć 20 punktów, na ocenę pozytywną trzeba zdobyć minimum 10 punktów
- b) w zakresie ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia jest realizowane przez: ocenę przygotowania studenta do poszczególnych zajęć, ocenianie ciągłe, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne) – premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami, ocenę rozwiązania zadań rozwiązywanych samodzielnie częściowo w trakcie zajęć, a częściowo po ich zakończeniu, ocenę wiedzy i umiejętności związanych z rozwiązywaniem zadań poprzez kolokwium zaliczeniowe
- c) w zakresie laboratoriów weryfikowanie założonych efektów kształcenia jest realizowane przez: ocenę przygotowania studenta do poszczególnych zajęć laboratoryjnych oraz ocenę umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych, ocenianie ciągłe, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne) – premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami, ocenę sprawozdania przygotowywanego częściowo w trakcie zajęć, a także po ich zakończeniu (ocena ta uwzględnia również umiejętność pracy w zespole 2-3 osobowym).

Istnieje możliwość uzyskiwania dodatkowych punktów za aktywność podczas zajęć, w szczególności za: omówienia dodatkowych aspektów zagadnienia, efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanego problemu, umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe w laboratorium, uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych, wskazywanie trudności percepcyjnych studentów, umożliwiające bieżące doskonalenie procesu dydaktycznego.

### Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Podstawowe parametry sygnałów (składowa stała i składowa przemienna sygnału, energia, moc sygnału i wartość skuteczna sygnału, sygnały ortogonalne, współczynnik korelacji sygnałów, odchylenie standardowe i wariancja sygnału, macierz kowariancji, histogram sygnału, normalizacja energetyczna i mocowa sygnału, środek i długość sygnału, poziom sygnału).
2. Szeregi i transformacje Fouriera (pojęcie transformacji sygnału, szereg Fouriera, szereg Fouriera w postaci zespolonej – widmo sygnału (DFS), zjawisko Gibbsa, transformacja Fouriera (FT), twierdzenie Parsevala-Rayleigha, przykłady transformacji Fouriera, impuls (pseudofunkcja Diraca), dyskretnoczasowa transformacja Fouriera (DtFT), wielowymiarowe przekształcenie Fouriera). Reprezentacja sygnałów ciągłych (transformacja Laplace'a a transformacja Fouriera, twierdzenia graniczne, odpowiedzi przejściowe i ustalone w układach automatyki).



3. Dyskretna transformacja Fouriera (DFT) (odmiany DFT, "motylek" dwupunktowej DFT, złożoność obliczeniowa DFT, szybka transformacja Fouriera (FFT), rozmieszczenie próbek DFT na płaszczyźnie zespolonej, rozkład sygnału na harmoniczne, optyczna transformacja Fouriera, obliczanie DFT w środowisku Matlab, dwu- i wielowymiarowa DFT, standardowa i optyczna transformata 2D DFT, dyskretne transformacje trygonometryczne (DTTs), dyskretne transformacje cosinusowe (DCTs), dyskretne transformacje sinusowe (TSTs), standard kompresji obrazów JPEG).
4. Próbkowanie sygnałów (przykład fotografii cyfrowej, koncepcja i proces próbkowania, próbkowanie nieidealne, widmo sygnału spróbkowanego, odtworzenie sygnału ciągłego – twierdzenie o próbkowaniu, pobieranie próbek sygnału, widmo sygnału idealnie spróbkowanego, reprezentacja Fouriera, dwie interpretacje widma sygnału dyskretnego, ściśle sformułowanie twierdzenia o próbkowaniu, próbkowanie sygnałów pasmowych, rekonstrukcja sygnału ciągłego).
5. Kwantowanie sygnałów (sygnał cyfrowy – strumień binarny, szum kwantyzacji, kompresja i ekspansja, różnicowa reprezentacja PCM, modulacja delta, modulacja szerokości impulsów (PWM), modulacja sigma-delta). Binarne reprezentacje próbek sygnałów (reprezentacje binarne liczb naturalnych, reprezentacje ósemkowe i szesnastkowe liczb, kod CSD, liczby i obliczenia w kodzie U2, konwersja liczb całkowitych do systemu binarnego, uzupełnienia do maksymalnej cyfry i do podstawy systemu pozycyjnego, kody BCD, reprezentacje ułamkowe, format Qn, reprezentacje zmiennoprzecinkowe).
6. Splot (splot ciągły, dyskretny splot liniowy i kołowy, splot a korelacja, interpretacja geometryczna, odpowiedź układu liniowego, wyznaczanie splotu metodą DFT)
7. Przekształcenie Z (świat ciągły-analogowy a świat dyskretny-cyfrowy, pojęcie przekształcenia Z, obszary zbieżności przekształcenia Z, jednoznaczność prawostronnego przekształcenia Z, szeregi Laurenta, funkcje holomorficzne i równania Cauchy'ego-Riemanna, residuum, twierdzenie o residuach, właściwości przekształcenia Z, twierdzenia o wartościach granicznych, tablica transformat Z, splot sygnałów i transformata splotu, odwrotne przekształcenia Z).
8. Dyskretne układy dynamiczne (pojęcie i właściwości liniowych stacjonarnych układów dyskretnych, stabilność układu dyskretnego, opis liniowych stacjonarnych układów dyskretnych, splot sygnałów dyskretnych, struktury filtrów cyfrowych, rekursywne filtry cyfrowe – filtry o nieskończonej odpowiedzi impulsowej (IIR), nierekursywne filtry cyfrowe – filtry o skończonej odpowiedzi impulsowej (FIR), podstawowe realizacje filtrów cyfrowych).
9. Projektowanie filtrów cyfrowych (idealny filtr doloprzepustowy, etapy projektowania filtrów cyfrowych, schemat tolerancji filtru, projektowanie filtrów FIR, problem aproksymacji charakterystyk filtrów czasu ciągłego (analogowych), transformacje filtrów referencyjnych (analogowych) w filtry cyfrowe, cyfrowe filtry falowe i ortogonalne, transformacje częstotliwościowe).
10. Sygnały losowe i korelacje sygnałów (pojęcie zmiennej losowej, pojęcie procesu stochastycznego, ergodyczny proces stochastyczny, sekwencja autokorelacji, kowariancja, podstawy estymacji, estymatory funkcji korelacji).



11. Filtracja sygnałów losowych (przetwarzanie dyskretnych sygnałów losowych, szumy, szum biały i szum gaussowski, dodawanie szumów, procesy wzajemnie słabo stacjonarne, widmowa gęstość mocy, proces filtracji sygnałów losowych, twierdzenie Wienera-Chinczyna, filtr Wienera, filtr Kalmana - opis w przestrzeni stanów).

12. Elementy teorii informacji i kodowanie danych (formalna definicja informacji – entropia i autoinformacja, właściwości entropii, entropia łączna, entropia warunkowa i informacja wspólna, kodowanie danych, pojęcie kodu przedrostkowego, nierówność Krafta, bezstratna kompresja danych, twierdzenie Shannona o kodowaniu, kodery i ich efektywność, koder Shannona, koder Shannona-Fano, koder Huffmana, koder arytmetyczny).

13. Przetwarzanie obrazów (oko człowieka, trójbodźcowa teoria widzenia, prawa Grassmanna, barwy podstawowe i funkcje dopasowujące, kolor jako wektor w przestrzeni barw, przestrzeń RGB, współrzędne chromatyczne, luminancja i chrominancja, przestrzeń CMY i CMYK, przestrzeń HSL (HSI) oraz HSB (HSV), wielowymiarowe operacje dynamiczne, wielowymiarowe układy liniowe, splot wielowymiarowy, liniowe układy stacjonarne, układy separowalne).

Program ćwiczeń obejmuje następujące zagadnienia:

1. Podstawowe parametry sygnałów.
2. Szeregi i transformacje Fouriera. Reprezentacja sygnałów ciągłych (transformacja Laplace'a).
3. Dyskretna transformacja Fouriera (DFT).
4. Próbkowanie sygnałów i kwantowanie sygnałów.
5. Splot liniowy i kołowy a korelacja.
6. Liniowe systemy dynamiczne. Przekształcenie Z.
7. Sygnały losowe i korelacje sygnałów. Filtracja sygnałów losowych.
8. Elementy teorii informacji i kodowanie danych.
9. Kolokwium zaliczeniowe.

Zajęcia laboratoryjne są prowadzone w dwóch cyklach (hardware'owym i software'owym), które odbywają się kolejno po sobie. Są realizowane przez 2–3-osobowe zespoły studentów.

Cykl sprzętowy wykorzystuje nowoczesne stanowiska dydaktyczne firmy National Instruments, na które składają się systemy pomiarowe ELVIS II (ang. Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite) z dedykowanymi dla tego przedmiotu nakładkami Emona DATEx. Zestawy te współpracują z komputerami klasy PC za pośrednictwem specjalistycznego oprogramowania – tzw. wirtualnych przyrządów pomiarowych, działających w środowisku LabVIEW. W trakcie zajęć studenci korzystają z różnorodnych przyrządów pomiarowych, służących badaniu i analizie sygnałów, m.in. z wirtualnego analizatora widma, analizatora charakterystyk częstotliwościowych (Bodego), jak również z wirtualnego oscyloskopu.



Zapoznają się w praktyce z działaniem podstawowych układów oraz bloków funkcjonalnych związanych z przetwarzaniem sygnałów, takich jak układ próbkująco-pamiętający (S&H), układ mnożący, sumator z regulowanymi wagami, przesuwnik fazowy, komparator, generator szumu białego, filtry przestrajalne, koder/dekoder PCM, generatory sygnałów, sekwencji). Cykl hardware'owy składa się z następujących zajęć:

1. Wprowadzenie do środowiska Emona.
2. Próbkowanie i rekonstrukcja sygnałów.
3. Badanie zjawiska aliasingu.
4. Kodowanie i dekodowanie PCM.
5. Zaszumienie sygnałów i wyznaczanie parametrów SNR.
6. Detekcja sygnałów cyfrowych w kanale transmisyjnym.

Cykl programowy obejmuje zajęcia przy stanowiskach komputerowych wyposażonych w środowisko programistyczne Matlab. W jego trakcie studenci realizują następujące ćwiczenia:

1. Szereg Fouriera – analiza i synteza sygnału. Właściwości DFT.
2. Cyfrowa filtracja sygnału.
3. Teoria informacji - kompresja bezstratna i stratna.

### Metody dydaktyczne

1. Wykład: prezentacja multimedialna, prezentacja ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy, rozwiązywanie zadań, pokaz multimedialny, demonstracja.
2. Ćwiczenia: rozwiązywanie zadań, rozwiązywanie problemów, studium przypadków.
3. Zajęcia laboratoryjne: ćwiczenia praktyczne, wykonywanie eksperymentów, rozwiązywanie zadań, praca w zespole.

### Literatura

#### Podstawowa

1. Dąbrowski A., "Teoria i przetwarzanie sygnałów", zestaw sfilmowanych wykładów, [www.put.poznan.pl](http://www.put.poznan.pl), e-learning Moodle, wykłady otwarte, PolitechnikaPoznańska, Poznań 2020 oraz materiały do wykładów na stronie [www.dsp.put.poznan.pl](http://www.dsp.put.poznan.pl)
2. Dąbrowski A., Figlak P., Gołębiowski R., Marciniak T., "Przetwarzanie sygnałów przy użyciu procesorów sygnałowych", Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
3. Florek A., Mazurkiewicz P., "Sygnały i systemy dynamiczne. Interpretacje – przykłady – zadania", Wyd. II PP, Poznań 2015.



4. Smith S. W., "Cyfrowe przetwarzanie sygnałów - praktyczny poradnik dla inżynierów i naukowców", BTC, Warszawa 2007.
5. Lyons R.G., "Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów", WKŁ, Warszawa 1999.
6. Szabatin J., "Podstawy teorii sygnałów", Wyd. WKŁ, Warszawa 2007.
7. Wojciechowski J., "Sygnały i systemy", Wyd. WKŁ, 2008.
8. Zieliński T.P., "Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: od teorii do zastosowań", Wyd. WKŁ, Warszawa 2013.
9. Oppenheim A.V., Schafer R.W., "Cyfrowe przetwarzanie sygnałów", Wyd. WKŁ, Warszawa 1979.
10. Oppenheim A.V., Willsky A.S., Nawab S.H., "Signals & Systems", Pearson, 2016.

Uzupełniająca

1. MitOpenCourseWare, Massachusetts Institute of Technology, <http://ocw.mit.edu/> (courses: 6.011 "Introduction to Communication, Control, and Signal Processing", 6.003 "Signals and Systems").

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	200	8,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	64	2,5
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych i ćwiczeniowych, przygotowanie do kolokwium i egzaminu) <sup>1</sup>	136	5,5

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności