



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Widzenie komputerowe [S1S1E>WKOM]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Sztuczna inteligencja/Artificial Intelligence

Rok/Semestr

3/5

Studia w zakresie (specjalność)

–

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

angielski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obieralny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratorium

30

Inne

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

5,00

### Koordynatorzy

prof. dr hab. inż. Krzysztof Krawiec  
krzysztof.krawiec@put.poznan.pl

dr inż. Krzysztof Martyn  
krzysztof.martyn@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Podstawowa wiedza z zakresu analizy matematycznej i algebry liniowej. Wiedza nabyta podczas kursów z zakresu wstępu do AI, Statystyki i Uczenia Maszynowego. Umiejętność programowania w języku Python (najlepiej z uwzględnieniem znajomości biblioteki Numpy).

### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy dot. wybranych zagadnień widzenia komputerowego i przetwarzania obrazów, z naciskiem na powiązania ze sztuczną inteligencją i inteligencją obliczeniową, w tym w szczególności z uczeniem maszynowym. 2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów detekcji, segmentacji, klasyfikacji i lokalizacji obiektów w obrazach, oraz nabranie doświadczenia w zakresie wykorzystywania tych umiejętności w wybranych zastosowaniach praktycznych. 3. Kształtowanie u studentów umiejętności efektywnej pracy nad małymi przedsięwzięciami projektowo-programistycznymi w zakresie przetwarzania i analizy obrazu, w tym współpracy w małych grupach projektowych.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

Student:

Ma porządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną związaną z kluczowymi zagadnieniami z zakresu widzenia komputerowego [K2st\_W2].

Ma zaawansowaną wiedzę szczegółową dotyczącą wybranych zagadnień z zakresu widzenia komputerowego, w tym procesów pozyskiwania i przetwarzania obrazu, analizy zawartości obrazu i scen, oraz konstrukcji systemów wnioskujących z informacji obrazowej [K2st\_W3].

Ma zaawansowaną i szczegółową wiedzę o procesach zachodzących w cyklu życia systemów widzenia komputerowego, w tym metod pozyskiwania danych, projektowania takich systemów, ich testowania i oceny, oraz wdrażania takich systemów [K2st\_W5].

Zna zaawansowane metody, techniki i narzędzia stosowane przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich i prowadzeniu prac badawczych w ramach widzenia komputerowego, w szczególności dotyczącą metodyki przeprowadzania eksperymentów obliczeniowych i metryk oceny systemów widzenia komputerowego [K2st\_W6].

Umiejętności:

Student:

Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski oraz formułować i weryfikować hipotezy związane ze zadaniami inżynierskimi i pracami naukowymi w obszarze widzenia komputerowego [K2st\_U3].

Potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań i problemów badawczych widzenia komputerowego metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne [K2st\_U4].

Potrafi - przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich - integrować wiedzę z różnych obszarów informatyki (a w razie potrzeby także wiedzę z innych dyscyplin naukowych) oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne [K2st\_U5].

Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (metod i narzędzi) oraz nowych produktów informatycznych [K2st\_U6].

Potrafi dokonać krytycznej analizy istniejących rozwiązań technicznych realizacji systemów widzenia komputerowego oraz zaproponować ich ulepszenia (usprawnienia) [K2st\_U8].

Potrafi - stosując m.in. koncepcyjnie nowe metody - rozwiązywać złożone zadania projektowania i implementacji algorytmów widzenia komputerowego, w tym zadania nietypowe oraz zadania zawierające komponent badawczy [K2st\_U10].

Potrafi - zgodnie z zadaną specyfikacją, uwzględniającą aspekty pozatechniczne - zaprojektować złożone urządzenie, system informatyczny lub proces charakterystyczny dla widzenia komputerowego oraz zrealizować ten projekt - co najmniej w części - używając właściwych metod, technik i narzędzi, w tym przystosowując do tego celu istniejące lub opracowując nowe narzędzia [K2st\_U11].

Kompetencje społeczne:

Student:

Rozumie, że w widzeniu komputerowym wiedza i umiejętności bardzo szybko stają się przestarzałe [K2st\_K1].

Rozumie znaczenie wykorzystywania najnowszej wiedzy z zakresu widzenia komputerowego, analizy obrazów i uczenia maszynowego w rozwiązywaniu problemów badawczych i praktycznych [K2st\_K2].

## 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 bieżącego postępu realizacji zadań,

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

- ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym składającym się z 5-8 pytań egzaminacyjnych powiązanych bezpośrednio z treścią wykładu. W przybliżeniu połowa pytań dotyczy zagadnień teoretycznych (zdefiniuj, opisz, scharakteryzuj, etc.), a druga połowa zadań obliczeniowych (np. zastosuj algorytm erozji do danego małego obrazu binarnego). Łączna liczba punktów to 25, do

uzyskania oceny 3.0 wymagane jest osiągnięcie 13 punktów.

b) w zakresie laboratoriów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

- ocenę postępu prac w kilku punktach kontrolnych w trakcie semestru, na podstawie projektu i jego dokumentacji, przygotowywanych częściowo w trakcie zajęć, a częściowo po ich zakończeniu; ocena ta obejmuje także umiejętność pracy w zespole,
- ocenę i obronę przez studenta finalnego sprawozdania z realizacji projektu, połączoną z prezentacją przed pozostałymi uczestnikami kursu.

Uzyskiwanie punktów dodatkowych za aktywność podczas zajęć, a szczególnie za:

- efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanego problemu,
- uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych,
- wskazywanie trudności percepcyjnych studentów umożliwiające bieżące doskonalenia procesu dydaktycznego.

## Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Wprowadzenie. Przedstawienie zakresu widzenia komputerowego jako przedmiotu badań i zastosowań praktycznych. Prezentacja wybranych obszarów zastosowań i literatury przedmiotu. Specyfika obszaru widzenia komputerowego i danych obrazowych. Reprezentacja obrazów rastrowych i przestrzenie reprezentacji barw.

Algorytmy przetwarzania obrazów, w tym przetwarzanie jednopunktowe, arytmetyka obrazowa, filtrowanie splotowe, oraz przetwarzanie obrazu w dziedzinie częstotliwości, w tym transformata Fouriera dla sygnałów jedno i dwuwymiarowych w wersji ciągłej i dyskretnej. Metody morfologiczne w przetwarzaniu obrazów i widzeniu komputerowym: erozja, dylatacja, otwarcie, zamknięcie morfologiczne. Efektywna algorytmiczna realizacja przetwarzania morfologicznego. Podstawowe elementy geometrii dyskretnej. Detekcja krawędzi i śledzenie linii. Transformata Hougha.

Definicje cech obrazów i metody ich ekstrakcji. Cechy kształtu i tekstury. Pomiar cech geometrycznych obiektów. Współczynniki kształtu. Szkieletyzacja obiektów. Momenty geometryczne. Wymiar fraktalny. Statystyczne, niestatystyczne i strukturalne metody analizy i opisu tekstur: autokorelacja, macierze współwystąpień, widmo. Algorytmy segmentacji obrazu. Segmentacja obrazu przez progowanie, wykrywanie krawędzi, rozrost i podział obszaru. Transformata odległościowa. Algorytmy segmentacji zlewiskowej.

Podstawy metod pozyskiwania obrazów i związanych z nimi technologii. Model kamery perspektywicznej i inne modele kamer. Parametry wewnętrzne i zewnętrzne kamery. Stereowizja. Kanoniczny układ kamer. Pojęcie dysparycji. Metody estymacji głębi z dysparycji. Inne metody estymacji głębi, w tym metody bazujące na jednym widoku oraz metody wykorzystujące uczenie maszynowe.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium, poprzedzonych 6-godzinną sesją instruktazową na początku semestru. Ćwiczenia realizowane są przez 2-osobowe zespoły studentów. Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia: Wprowadzenie (2h): Prezentacja założeń części laboratoryjnej przedmiotu. Prezentacja narzędzi informatycznych wykorzystywanych w części laboratoryjnej (biblioteki programistyczne, środowiska programistyczne). Sesja instruktazowa (6h): Ćwiczenia polegające na implementacji wybranych metod przetwarzania i analizy obrazów w popularnych językach programowania (Python, C++). Testowanie zaimplementowanych algorytmów na obrazach rzeczywistych i sztucznych. Ocena poprawności i skuteczności algorytmów. Dobre praktyki projektowania i implementacji algorytmów przetwarzania i analizy obrazów. Typowe błędy i sposoby ich unikania. Realizacja projektów w grupach (22h): Realizacja, w grupach dwuosobowych, projektów programistycznych mających na celu implementację programistyczną konkretnych funkcjonalności przetwarzania i analizy obrazów.

Zajęcia laboratoryjne podzielone są na trzy części: (1) reprezentacja i przetwarzanie obrazów, (2) opis obrazów oraz (3) sieci neuronowe. Pierwsza część obejmuje zagadnienia związane z przetwarzaniem pojedynczych punktów, arytmetyką obrazu, przekształceniami geometrycznymi, konwolucją, detekcją krawędzi, filtrami rozmywającymi, filtrami nieliniowymi, operacjami morfologicznymi, przetwarzaniem w dziedzinie częstotliwości i transformacją Fouriera. Druga część obejmuje detekcję punktów kluczowych, rozpoznawanie wzorców, budowanie wzorców wyższego rzędu, segmentację punktową, krawędziową, obszarową i semantyczną, detekcję cech geometrycznych, przykładowe algorytmy zaimplementowane w bibliotece OpenCV, zasadę działania kamery i przetwarzanie wideo. Ostatnia część dotyczy sieci neuronowych oraz architektur popularnych w widzeniu komputerowym.

## Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Wprowadzenie. Przedstawienie zakresu widzenia komputerowego jako przedmiotu badań i zastosowań praktycznych. Prezentacja wybranych obszarów zastosowań i literatury przedmiotu. Specyfika obszaru widzenia komputerowego i danych obrazowych. Reprezentacja obrazów rastrowych i przestrzenie reprezentacji barw.

Algorytmy przetwarzania obrazów, w tym przetwarzanie jednopunktowe, arytmetyka obrazowa, filtrowanie splotowe, oraz przetwarzanie obrazu w dziedzinie częstotliwości, w tym transformata Fouriera dla sygnałów jedno i dwuwymiarowych w wersji ciągłej i dyskretnej. Metody morfologiczne w przetwarzaniu obrazów i widzeniu komputerowym: erozja, dylatacja, otwarcie, zamknięcie morfologiczne. Efektywna algorytmiczna realizacja przetwarzania morfologicznego. Podstawowe elementy geometrii dyskretnej. Detekcja krawędzi i śledzenie linii. Transformata Hougha.

Definicje cech obrazów i metody ich ekstrakcji. Cechy kształtu i tekstury. Pomiar cech geometrycznych obiektów. Współczynniki kształtu. Szkieletyzacja obiektów. Momenty geometryczne. Wymiar fraktalny. Statystyczne, niestatystyczne i strukturalne metody analizy i opisu tekstur: autokorelacja, macierze współwystąpień, widmo. Algorytmy segmentacji obrazu. Segmentacja obrazu przez progowanie, wykrywanie krawędzi, rozrost i podział obszaru. Transformata odległościowa. Algorytmy segmentacji zlewiskowej.

Podstawy metod pozyskiwania obrazów i związanych z nimi technologii. Model kamery perspektywicznej i inne modele kamer. Parametry wewnętrzne i zewnętrzne kamery. Stereowizja. Kanoniczny układ kamer. Pojęcie dysparycji. Metody estymacji głębi z dysparycji. Inne metody estymacji głębi, w tym metody bazujące na jednym widoku oraz metody wykorzystujące uczenie maszynowe.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium, poprzedzonych 6-godzinną sesją instruktorską na początku semestru. Ćwiczenia realizowane są przez 2-osobowe zespoły studentów. Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia: Wprowadzenie (2h): Prezentacja założeń części laboratoryjnej przedmiotu. Prezentacja narzędzi informatycznych wykorzystywanych w części laboratoryjnej (biblioteki programistyczne, środowiska programistyczne). Sesja instruktorska (6h): Ćwiczenia polegające na implementacji wybranych metod przetwarzania i analizy obrazów w popularnych językach programowania (Python, C++). Testowanie zaimplementowanych algorytmów na obrazach rzeczywistych i sztucznych. Ocena poprawności i skuteczności algorytmów. Dobre praktyki projektowania i implementacji algorytmów przetwarzania i analizy obrazów. Typowe błędy i sposoby ich unikania. Realizacja projektów w grupach (22h): Realizacja, w grupach dwuosobowych, projektów programistycznych mających na celu implementację programistyczną konkretnych funkcjonalności przetwarzania i analizy obrazów.

Zajęcia laboratoryjne podzielone są na trzy części: (1) reprezentacja i przetwarzanie obrazów, (2) opis obrazów oraz (3) sieci neuronowe. Pierwsza część obejmuje zagadnienia związane z przetwarzaniem pojedynczych punktów, arytmetyką obrazu, przekształceniami geometrycznymi, konwolucją, detekcją krawędzi, filtrami rozmywającymi, filtrami nieliniowymi, operacjami morfologicznymi, przetwarzaniem w dziedzinie częstotliwości i transformacją Fouriera. Druga część obejmuje detekcję punktów kluczowych, rozpoznawanie wzorców, budowanie wzorców wyższego rzędu, segmentację punktową, krawędziową, obszarową i semantyczną, detekcję cech geometrycznych, przykładowe algorytmy zaimplementowane w bibliotece OpenCV, zasadę działania kamery i przetwarzanie wideo. Ostatnia część dotyczy sieci neuronowych oraz architektur popularnych w widzeniu komputerowym.

## Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy, demonstracja. Ćwiczenia laboratoryjne: rozwiązywanie zadań, projektowanie systemów indywidualnie i w małych grupach (typowo dwuosobowych), implementacja algorytmów przetwarzania i analizy obrazów, przeprowadzanie eksperymentów obliczeniowych, dyskusja, prezentacja wyników eksperymentów obliczeniowych i działania zaimplementowanych metod.

## Literatura

Podstawowa:

1. Gonzalez, Wintz, Digital Image Processing. Addison-Wesley 2017 (wydanie IV, lub wcześniejsze).
2. Szeliski, R. Computer vision: algorithms and applications. Springer Nature, 2022. Available for free for personal use at <https://szeliski.org/Book/>
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., Deep learning: systemy uczące się. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018. <https://www.deeplearningbook.org/>

Uzupełniająca:

1. Zieliński, T.P., Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. WKŁ 2009.
2. Cyganek, B., Komputerowe przetwarzanie obrazów trójwymiarowych. EXIT 2002.
3. Owen, M., Przetwarzanie sygnałów w praktyce. WKŁ 2009.
4. Choraś, R. Komputerowa wizja. Metody interpretacji i identyfikacji obiektów. EXIT, 2006.

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	125	5,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	62	2,50
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	63	2,50