



## Karta przedmiotu

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           |                                      |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| Nazwa i kod przedmiotu                   | Uczenie głębokie, PG_00067981                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                           |                                      |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |
| Kierunek studiów                         | Automatyka, cybernetyka i robotyka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                           |                                      |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |
| Data rozpoczęcia studiów                 | październik 2025 r.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                           | Rok akademicki realizacji przedmiotu |                        | 2027/2028                                                                                                                                                    |                       |       |
| Poziom kształcenia                       | I stopnia - inżynierskie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                           | Grupa zajęć                          |                        | Grupa zajęć fakultatywnych<br>Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki |                       |       |
| Forma studiów                            | stacjonarne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           | Sposób realizacji                    |                        | na uczelni                                                                                                                                                   |                       |       |
| Rok studiów                              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                           | Język wykładowy                      |                        | polski                                                                                                                                                       |                       |       |
| Semestr studiów                          | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                           | Liczba punktów ECTS                  |                        | 3.0                                                                                                                                                          |                       |       |
| Profil kształcenia                       | ogólnoakademicki                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                           | Forma zaliczenia                     |                        | egzamin                                                                                                                                                      |                       |       |
| Jednostka prowadząca                     | Wydziały Politechniki Gdańskiej -> Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki -> Katedra Systemów Decyzyjnych i Robotyki                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                           |                                      |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |
| Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców) | Odpowiedzialny za przedmiot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           | dr hab. inż. Michał Czubenko         |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |
|                                          | Prowadzący zajęcia z przedmiotu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           | dr hab. inż. Michał Czubenko         |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |
| Formy zajęć i metody nauczania           | Forma zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Wykład                                                    | Ćwiczenia                            | Laboratorium           | Projekt                                                                                                                                                      | Seminarium            | RAZEM |
|                                          | Liczba godzin zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 15.0                                                      | 0.0                                  | 30.0                   | 0.0                                                                                                                                                          | 0.0                   | 45    |
|                                          | W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           |                                      |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |
| Aktywność studenta i liczba godzin pracy | Aktywność studenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów |                                      | Udział w konsultacjach |                                                                                                                                                              | Praca własna studenta | RAZEM |
|                                          | Liczba godzin pracy studenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 45                                                        |                                      | 3.0                    |                                                                                                                                                              | 27.0                  | 75    |
| Cel przedmiotu                           | Celem przedmiotu Uczenie Głębokie jest zapoznanie studenta z zasadami działania i użycia metod uczenia głębokiego, umożliwiając mu zrozumienie architektur, zastosowań oraz mechanizmów działania głębokich sieci neuronowych. Student dowie się, jak analizować i dobierać odpowiednie techniki uczenia głębokiego do rozwiązywania różnorodnych problemów, w tym związanych z przetwarzaniem sygnałów, obrazów oraz języka naturalnego. W ramach przedmiotu student zdobędzie umiejętność planowania i przeprowadzania eksperymentów, interpretowania uzyskanych wyników oraz wyciągania wniosków z przeprowadzonych analiz. Zdobyta wiedza pozwoli studentowi rozumieć proces projektowania i trenowania modeli opartych na głębokich sieciach neuronowych zarówno w zadaniach klasyfikacji i regresji, jak i w bardziej zaawansowanych zastosowaniach, takich jak przetwarzanie języka, analiza obrazów czy zastosowania generatywne. Student rozwinie również umiejętności praktyczne związane z przygotowywaniem oraz modyfikowaniem programów komputerowych wykorzystujących uczenie głębokie, ucząc się identyfikowania i rozwiązywania problemów związanych z ich działaniem oraz interpretacją wyników działania modeli. Student zostanie przygotowany także do wykorzystywania uczenia głębokiego w analizie oraz rozwiązywaniu problemów charakterystycznych dla różnych obszarów inżynierii, informatyki i analizy danych. |                                                           |                                      |                        |                                                                                                                                                              |                       |       |

| Efekty uczenia się przedmiotu | Efekt kierunkowy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Efekt z przedmiotu                                                                                                                                                                                                                                                    | Sposób weryfikacji i oceny efektu                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                               | [K6_W01] zna i rozumie w zaawansowanym stopniu matematykę w zakresie niezbędnym do formułowania i rozwiązywania prostych zagadnień związanych z kierunkiem studiów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Student potrafi zaprojektować i zaimplementować rozwiązanie wykorzystujące głębokie sieci neuronowe w analizie sygnałów i obrazów, identyfikować błędy w działaniu programu i stosować techniki ich eliminacji, wykorzystując języki programowania wysokiego poziomu. | [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej                                          |
|                               | [K6_W03] zna i rozumie w zaawansowanym stopniu budowę i zasady działania komponentów i systemów związanych z kierunkiem studiów, w tym teorie, metody i złożone zależności między nimi oraz wybrane zagadnienia szczegółowe – właściwe dla programu kształcenia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Student rozpoznaje różne rodzaje zastosowań uczenia głębokiego oraz potrafi analizować i porównywać architektury sieci neuronowych wykorzystywane w uczeniu głębokim, dobierając metody uczenia do rozwiązywanych problemów.                                          | [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej                                          |
|                               | [K6_U07] potrafi wykorzystać metody wspomaganie procesów i funkcji, specyficzne dla kierunków studiów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Student potrafi optymalizować hiperparametry modeli.                                                                                                                                                                                                                  | [SU1] Ocena realizacji zadania                                              |
|                               | [K6_U04] potrafi wykorzystywać posiadaną wiedzę z zakresu metod i technik programowania oraz dobrać i zastosować właściwe metody i narzędzia programistyczne w tworzeniu oprogramowania komputerów albo programowania urządzeń lub sterowników wykorzystujących mikroprocesory albo elementy lub układy programowalne, charakterystycznych dla danego kierunku studiów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Student potrafi zaprojektować i zaimplementować rozwiązanie wykorzystujące głębokie sieci neuronowe w analizie sygnałów i obrazów, identyfikować błędy w działaniu programu i stosować techniki ich eliminacji, wykorzystując języki programowania wysokiego poziomu. | [SU3] Ocena umiejętności wykorzystania wiedzy uzyskanej w ramach przedmiotu |
| Treści przedmiotu             | <p>Wykład</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wprowadzenie.</li> <li>2. Definicja i zastosowania uczenia głębokiego</li> <li>3. Historia i rozwój sieci neuronowych</li> <li>4. Różnice między uczeniem maszynowym a głębokim</li> <li>5. Składowe sieci neuronowych</li> <li>6. Funkcje aktywacji</li> <li>7. Algorytm propagacji wstecznej</li> <li>8. Funkcja kosztu</li> <li>9. Metody optymalizacji</li> <li>10. Sieci wielowarstwowe</li> <li>11. Splotowe sieci neuronowe</li> <li>12. Rekurencyjne sieci neuronowe</li> <li>13. Modele typu transformer</li> <li>14. Sieci neuronowe w klasyfikacji i regresji</li> <li>15. Autoenkodery</li> <li>16. Sieci generatywne</li> <li>17. Przetwarzanie języka naturalnego</li> <li>18. Hybrydowe przetwarzanie języka naturalnego i obrazów</li> <li>19. Uczenie ze wzmocnieniem</li> <li>20. Normalizacja i regularyzacja</li> <li>21. Narzędzia programistyczne wykorzystywane w uczeniu głębokim</li> <li>22. Metody optymalizacji sieci neuronowych</li> <li>23. Trenowanie głębokich sieci neuronowych z użyciem wielu akceleratorów sprzętowych</li> <li>24. Metoda akumulacji gradientu</li> <li>25. Metoda uśredniania wag</li> <li>26. Interpretowalność modeli uczenia głębokiego</li> </ol> <p>Laboratorium</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Przygotowanie środowiska do uczenia głębokiego</li> <li>2. Implementacja i trenowanie perceptronu wielowarstwowego (MLP)</li> <li>3. Eksperymenty z funkcjami aktywacji</li> <li>4. Trenowanie splotowych sieci neuronowych (CNN)</li> <li>5. Rekurencyjne sieci neuronowe (RNN) w analizie sekwencji</li> <li>6. Autoenkodery i redukcja wymiaru</li> <li>7. Sieci generatywne (GAN)</li> <li>8. Normalizacja i regularyzacja w głębokich sieciach neuronowych</li> <li>9. Uczenie głębokie w przetwarzaniu języka naturalnego (NLP)</li> <li>10. Optymalizacja i tuning hiperparametrów modeli głębokich</li> <li>11. Analiza interpretowalności modeli głębokich</li> </ol> |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                             |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Wymagania wstępne i dodatkowe                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Podstawy algebry liniowej (macierze, wektory, pochodne)</li><li>• Podstawy analizy matematycznej,</li><li>• Podstawy rachunku prawdopodobieństwa,</li><li>• Podstawy statystyki</li><li>• Podstawy programowania, w tym umiejętność posługiwania się językiem programowania wysokiego poziomu.</li></ul>                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się     | Sposób oceniania (składowe)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Próg zaliczeniowy                                                                                                                                                                                                                                                     | Składowa oceny końcowej |
|                                                                   | laboratorium                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 60.0%                                                                                                                                                                                                                                                                 | 50.0%                   |
|                                                                   | egzamin pisemny                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 60.0%                                                                                                                                                                                                                                                                 | 50.0%                   |
| Zalecana lista lektur                                             | Podstawowa lista lektur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Charu, Aggarwal, Neural Networks and Deep Learning: A Textbook, Springer, 2023<br>Atienza, Roberto, Advanced Deep Learning with TensorFlow 2 and Keras, 2nd Edition, Packt, 2021<br>Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron. Deep Learning. MIT Press, 2021 |                         |
|                                                                   | Uzupełniająca lista lektur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Richard Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd Edition, Springer, 2022                                                                                                                                                                           |                         |
|                                                                   | Adresy eZasobów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania | Wyjaśnij różnicę między uczeniem głębokim a klasycznym uczeniem maszynowym.<br>Opisz architekturę spłotowej sieci neuronowej oraz podaj przykłady jej zastosowań.<br>Omów rolę funkcji aktywacji w sieciach neuronowych oraz podaj przykłady funkcji aktywacji wykorzystywanych w uczeniu głębokim.<br>Wymień metody optymalizacji stosowane w trenowaniu głębokich sieci neuronowych i omów jedną z nich.<br>Na czym polega propagacja wsteczna w procesie uczenia sieci neuronowych? |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu                             | Nie dotyczy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.