Obraz zawierający Czcionka, logo, design, Grafika

Opis wygenerowany automatycznie

Sztuczna inteligencja

Rekomendowany model systemowego kształcenia wysokiej klasy specjalistów ICT na studiach II stopnia dla kierunku sztuczna inteligencja opracowany w ramach projektu „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”, realizowanego w latach 2020-2023 przez Beneficjenta – Ministerstwo Cyfryzacji (wcześniej Kancelaria Prezesa Rady Ministrów) i 5 Partnerów (Uniwersytet Warszawski, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Politechnika Gdańska, Politechnika Poznańska, Politechnika Wrocławska)

Autorzy:

2023

Spis treści

[Abstrakt 2](#_Toc151920153)

[Wprowadzenie 2](#_Toc151920154)

[Koncepcja modelu systemowego kształcenia 3](#_Toc151920155)

[Cele kształcenia 5](#_Toc151920156)

[Wymagania początkowe 5](#_Toc151920157)

[Sylwetka absolwenta 5](#_Toc151920158)

[Rekomendowany plan studiów 6](#_Toc151920159)

[Rekomendowany program studiów 7](#_Toc151920160)

[Rekomendacje w zakresie treści nauczania - sylabusy przedmiotów 9](#_Toc151920161)

[Przedmioty obowiązkowe 10](#_Toc151920162)

[Przedmioty obieralne (do wyboru) 16](#_Toc151920163)

[Rekomendacje w zakresie dodatkowych form kształcenia 23](#_Toc151920164)

[Staże i wizyty studyjne 24](#_Toc151920165)

[Praktyki 24](#_Toc151920166)

[Organizacja staży 25](#_Toc151920167)

[Organizacja wizyt studyjnych 26](#_Toc151920168)

[Udział w konferencjach 27](#_Toc151920169)

[Współpraca krajowa, w tym ze środowiskiem biznesowym 28](#_Toc151920170)

[Współpraca międzynarodowa 28](#_Toc151920171)

[Projekty informatyczne 29](#_Toc151920172)

[Tutoring 30](#_Toc151920173)

[Materiały dydaktyczne 32](#_Toc151920174)

[Dodatkowe rekomendacje 32](#_Toc151920175)

[Wykładowy język angielski 32](#_Toc151920176)

[Studia 4-semestralne 32](#_Toc151920177)

[Podsumowanie 33](#_Toc151920178)

[Spis aneksów i załączników 35](#_Toc151920179)

# Abstrakt

W ramach projektu *AI Tech* Ministerstwo Cyfryzacji wraz z pięcioma uczelniami partnerskimi przygotowały modelowe programy kształcenia wysokiej klasy specjalistów ICT na studiach II stopnia. Przedstawiony tu model systemowego kształcenia powstał jako efekt analizy doświadczeń zebranych podczas kilku przeprowadzonych cyklów kształcenia. W poniższym dokumencie bazujemy na opracowaniach przygotowanych przez Politechnikę Poznańską i Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (specjalność *Sztuczna inteligencja*), przez Politechnikę Wrocławską (kierunki studiów *Zaufane metody sztucznej inteligencji* i *Sztuczna inteligencja*), oraz przez Politechnikę Gdańską (kierunek studiów *Inżynieria biomedyczna*).

Na podstawie analizy materiałów wypracowanych przez te uczelnie opracowano rekomendowany modelowy system kształcenia na 3-semestralnych studiach II stopnia na kierunku *Sztuczna inteligencja*. Ze względu na to, że wszystkie analizowane programy zrealizowane w ramach projektu AI TECH były 3 semestralne, przedstawiamy tylko rekomendacje użyteczne przy samodzielnym tworzeniu przez uczelnie planu i programu studiów w tej wersji. Opisujemy dodatkowo modyfikacje pozwalające realizować kształcenie na kierunku *Sztuczna Inteligencja* w ramach studiów 4-semestralnych. Przygotowane opracowanie można również wykorzystać przy realizacji programu jako specjalność na kierunku *Informatyka*. W skład rekomendowanego systemu kształcenia wchodzą plan i program studiów, zestaw rekomendowanych sylabusów, rekomendacje dotyczące rozszerzania studiów o czwarty semestr, współpraca krajowa i międzynarodowa oraz dodatkowe formy kształcenia. Rekomendacje odnośnie dodatkowych form kształcenia dotyczą wsparcia w zakresie programów tutoringowych i mentoringowych, realizacji projektów badawczo-wdrożeniowych, programów stażowych i wizyt studyjnych, a także udziału w szkołach letnich i konferencjach.

Należy podkreślić, że przygotowane dokumenty stanowią wyłącznie bazę dla uczelni chcących wprowadzić kierunek lub specjalność. Program każdorazowo powinien zostać dostosowany do wewnętrznych regulacji uczelni. Może to między innymi oznaczać konieczność dostosowania liczby realizowanych godzin oraz punktów ECTS.

# Wprowadzenie

Z przekazu Komisji Europejskiej wynika jasno, że istnieje potrzeba zwiększenia liczby specjalistów w branży ICT, zwłaszcza w obszarach takich jak sztuczna inteligencja, analiza danych i cyberbezpieczeństwo. Dokument *Digital Decade - the EU policy programme 2030* wykazuje, że w roku 2022 udział specjalistów zajmujących się ICT w polskim rynku pracy wynosił jedynie 3,5%, co stanowiło około 0,5 mln osób. W porównaniu do krajów Unii Europejskiej, gdzie ten wskaźnik wynosi 4,5% i obejmuje około 9 mln osób, Polska zajmuje trzecie miejsce od końca. Aby sprostać potrzebom rynku pracy, wskaźnik ten powinien wzrosnąć do 11% do roku 2030, co oznaczałoby osiągnięcie w skali europejskiej liczby 20 mln specjalistów.

Z dużym niepokojem obserwujemy ostatnio spadek liczby absolwentów kierunków STEM (Science, Technology, Engineering, Math) Polsce. W ciągu lat 2017-2022 odnotowano spadek udziału absolwentów kierunków STEM z 21% do 18% ogółu absolwentów. W przeciwieństwie do tego trendu, w Unii Europejskiej odnotowuje się wzrost liczby studentów STEM. Aby przeciwdziałać temu zjawisku, polskie uczelnie wyższe powinny podjąć działania mające na celu zwiększenie liczby specjalistów oraz zapobieżenie przedwczesnemu zaniechaniu nauki przez studentów, co jest często określane jako zjawisko *drop-out*.

Odpowiedzią na opisane potrzeby jest projekt *Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)*, zainicjowany przez Ministerstwo Cyfryzacji w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa. W ramach tego projektu uczelnie partnerskie zrealizowały kilka cyklów kształcenia na studiach informatycznych II stopnia w ramach kierunków (lub specjalizacji) z zakresu sztucznej inteligencji, cyberbezpieczeństwa oraz uczenia maszynowego.

Model kierunku *Sztuczna inteligencja* powstał jako synergia założeń programowych przygotowanych przez Radę Programową projektu *AI Tech* oraz wniosków z realizacji pilotażowych studiów II stopnia w ramach specjalności *Sztuczna inteligencja* prowadzonych przez Politechnikę Poznańską i Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, a także kierunków studiów: *Zaufane metody sztucznej inteligencji* i *Sztuczna inteligencja* prowadzonych przez Politechnikę Wrocławską oraz *Inżynieria biomedyczna* prowadzonego przez Politechnikę Gdańską. Analiza przeprowadzona przez zespół ekspertów wykazała, że każdy z tych programów ma istotne elementy, które są warte naśladowania. Efektem jest program 3-semestralnego kierunku studiów stacjonarnych II stopnia o profilu ogólnouniwersyteckim wraz z rozbudowanymi rekomendacjami dotyczącymi różnych aspektów wdrażanie tego programu w praktyce akademickiej. W szczególności zarekomendowane zostało wykorzystanie dodatkowych form dydaktycznych wykorzystywanych w badanych cyklach kształcenia.

# Koncepcja modelu systemowego kształcenia

Głównym celem wprowadzenia innowacyjnego programu kształcenia jest przygotowanie wszechstronnego specjalisty z zakresu sztucznej inteligencji. Ze względu na szybkość zmian w tej tematyce, równie ważne jak zdobycie uniwersalnych wiedzy i umiejętności, są świadomość konieczności ciągłego doskonalenia swoich umiejętności i śledzenia nowych trendów.

Opracowana koncepcja dotyczy 3-semestralnych studiów drugiego stopnia na kierunku *Sztuczna inteligencja,* przyporządkowanym do dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych. Wynika to z tego, że wszystkie uczelnie realizujące program AI w projekcie *AI Tech* przygotowały program 3 semestralny. Dodatkowe rekomendacje zawarte w tym dokumencie obejmują wskazanie możliwych scenariuszy rozszerzeń o semestr poprzedzający lub uzupełniający, pozwalających realizować studia 4-semestralne.

Proponowanym językiem wykładowym jest język polski, przy jednoczesnym szerokim wykorzystaniu materiałów dydaktycznych w języku angielskim. Jedna z rekomendacji dodatkowych wskazuje możliwość, przy odpowiednich zasobach kadrowych, prowadzenia tych studiów w języku angielskim. Rozwiązanie takie będzie nie tylko korzystne dla rodzimych studentów, ułatwiając im śledzenia na bieżąco nowych trendów w sztucznej inteligencji, ale umożliwi też dotarcie z ofertą edukacyjną do studentów zagranicznych (np. odbywających studia na polskich uczelniach w ramach programu Erasmus+). Podstawę rekomendowanego programu wzorcowego stanowi:

* zestaw przedmiotów obowiązkowych występujących w większości analizowanych programów i pozwalających osiągnąć najistotniejsze efekty uczenia (zgodnie z Polską Ramą Kwalifikacji),
* bogaty zestaw przedmiotów obieralnych (w tym humanistycznych), pozwalających na dodatkową specjalizację - poszerzanie horyzontów i rozwój zainteresowań studenta,
* niezwykle ważny dwusemestralny projekt badawczo-wdrożeniowy,
* powszechny udział w dodatkowych formach kształcenia (stażach, wizytach studyjnych oraz konferencjach naukowych),
* uzupełniające przedmioty związane z praktycznym zastosowaniem specjalistycznego języka angielskiego.

Do programu studiów nie wpisano bezpośrednio kursu z zakresu bezpiecznych i higienicznych warunków kształcenia, wychodząc z założenia, że zorganizowanie takiego kursu jest, na podstawie odpowiednich przepisów prawa, obowiązkiem rektora i uczelnia ma wypracowane w tym zakresie standardowe procedury.

Plan i program proponowanego modelowego kierunku studiów stanowią *Załącznik nr 1.* i *Załącznik nr 2.* do niniejszego dokumentu. Najważniejsze treści obowiązkowe realizowane są na przedmiotach wprowadzających do uczenia maszynowego, uczenia ze wzmocnieniem oraz algorytmów genetycznych na pierwszym semestrze studiów. Pozwala to na wyrównanie poziomu wiedzy i umiejętności studentów oraz stanowi niezbędną bazę teoretyczną dla zadań stawianych na kolejnych semestrach. Semestr drugi poświęcony jest uczeniu głębokiemu i jego praktycznym zastosowaniom w przetwarzaniu języka naturalnego czy robotyce. Na semestrze trzecim, student ma okazję zgłębić wiedzę teoretyczną związaną z uczeniem maszynowym. Istotnym elementem przygotowanego programu wzorcowego jest rozwój kompetencji językowych. Podczas pierwszego oraz drugiego semestru zaplanowano przedmioty związane z doskonaleniem komunikacji interpersonalnej w języku angielskim. Dotyczy to zarówno dyskusji naukowej podczas konferencji, jak i praktycznych umiejętności związanych z pisaniem prac naukowych. Ponadto drugi i trzeci semestr to szansa na zdobycie praktycznych umiejętności przy pracy nad zespołowym projektem badawczo-wdrożeniowym i indywidulanym projektem dyplomowym oraz udział w stażach. Większość przedmiotów obieralnych pozwalających na pełną specjalizację i opanowanie umiejętności niezbędnych przy pracy nad projektem dyplomowym przewidziana jest na semestr trzeci. Dla uzyskania maksymalnej efektywności niezbędne jest nie tylko zapewnienie dużego wyboru i wysokiej jakości tych przedmiotów, ale także wsparcia w osobie tutora lub mentora, który pomoże dokonać zindywidualizowanego ich doboru. Pomoc tutora lub mentora jest nieodzowna także przy dobrym doborze wizyt studyjnych i konferencji.

## Cele kształcenia

Celem kształcenia na kierunku *Sztuczna inteligencja* jest przygotowanie absolwenta do pracy naukowej w zakresie teorii i zastosowań sztucznej inteligencji lub jako specjalisty w branży ICT, który jest w stanie implementować rozwiązania z zakresu sztucznej inteligencji w biznesie lub administracji publicznej.

## Wymagania początkowe

Od kandydatów na kierunek *Sztuczna inteligencja* wymagany jest tytuł zawodowy inżyniera lub tytuł licencjata na kierunkach takich jak informatyka, matematyka czy kierunki pokrewne. Dodatkowo oczekiwane są zdolności analityczne, biegła znajomość programowania, zrozumienie struktur danych oraz sprawne posługiwanie się językiem angielskim. Mile widziane jest również posiadanie podstawowej kultury matematycznej. Rekomendowane jest, aby kandydaci byli przyjmowani na podstawie egzaminu wstępnego lub rozmowy kwalifikacyjnej, które mają za zadanie potwierdzić posiadanie przez kandydata kwalifikacji na poziomie VI Polskiej Ramy Kwalifikacji.

## Sylwetka absolwenta

Absolwent kierunku *Sztuczna inteligencja* posiada głęboką wiedzę teoretyczną i praktyczną obejmującą takie obszary jak sieci neuronowe, algorytmy uczenia maszynowego czy przetwarzanie języka naturalnego. Posiada umiejętności analityczne i programistyczne niezbędne do tworzenia i implementacji zaawansowanych systemów AI w różnych dziedzinach. Ponadto cechuje go kreatywność i innowacyjność w wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji w różnych dziedzinach.

Absolwent wykazuje się kreatywnością w podejściu do problemów technicznych. Potrafi wykorzystać swoją wiedzę i umiejętności z zakresu metod sztucznej inteligencji w celu opracowania skutecznych i innowacyjnych rozwiązań. Zna zasady etyki i ograniczenia prawne związane z wykorzystaniem technologii AI, co pozwala mu na odpowiedzialne projektowanie i implementowanie systemów sztucznej inteligencji. Jest gotowy do ciągłego doskonalenia swoich umiejętności i śledzenia nowych trendów.

Odbyte staże i wizyty studyjne stanowią o jego praktycznym doświadczeniu i efektywnej komunikatywności. Dzięki takim doświadczeniom, absolwent jest w stanie efektywnie działać zarówno samodzielnie, jak i pracować zespołowo.

# Rekomendowany plan studiów

Rekomendowany plan studiów stanowi załącznik do tego dokumentu. W tym punkcie omówione zostaną główne jego założenia.

Pierwszy semestr studiów składa się z sześciu obowiązkowych wykładów stanowiących wprowadzenie do dalszych studiów. Rekomendujemy wprowadzenie pięciu pełnych przedmiotów akademickich realizowanych w wymiarze 30 godzin wykładu oraz 30 godzin zajęć laboratoryjnych (4-5 ECTS każdy) uzupełnionych o przedmiot związany z nowoczesnymi metodami optymalizacji realizowany w wymiarze 15 godzin wykładu oraz 15 godzin zajęć laboratoryjnych (3 ECTS). W ramach tych przedmiotów przekazane zostaną nie tylko podstawowe informacje dotyczące omawianych aspektów działania systemów sztuczniej inteligencji, ale również metodologia zarządzania danymi. Plan pierwszego semestru uzupełni pierwszy przedmiot obieralny, t.j. Przedmiot obieralny 1 (na przykład związany z narzędziami wspomagającymi modelowanie architektury i przestrzeni danych) realizowany w wymiarze 30 godzin konwersatorium (3 ECTS) oraz praktyczne zastosowanie języka angielskiego w komunikacji interpersonalnej – przedmiot, na który składa się 30 godzin ćwiczeń (2 ECTS).

Semestr drugi to zestaw kolejnych trzech wykładów obowiązkowych związanych z bardziej wyspecjalizowanymi aspektami metod sztucznej inteligencji. Rekomendujemy wprowadzenie treści związanych z głębokimi sieciami neuronowymi, przetwarzaniem języka naturalnego oraz zastosowaniem metod sztucznej inteligencji w robotyce, jako trzy pełne przedmioty akademickie realizowane w wymiarze 30 godzin wykładu oraz 30 godzin zajęć laboratoryjnych (5 ECTS każdy). Jako uzupełnienie dla wiedzy specjalistycznej z zakresu sztucznej inteligencji rekomendujemy wprowadzenie dwóch przedmiotów obieralnych, t.j. Przedmiot obieralny 2 oraz Przedmiot obieralny 3 (15 godzin wykładu i 15 godzin ćwiczeń; 3 ECTS każdy). Pierwszy z nich może pochodzić z zakresu nauk ścisłych i przyrodniczych zaś drugi z zakresu nauk społecznych lub humanistycznych. W ramach pierwszego przedmiotu obieralnego student miałby wówczas szansę pogłębić swoją wiedzę matematyczną (teoria gier, statystyka) lub fizyczną (informacja kwantowa). Drugi z nich powinien pochodzić z rekomendowanej listy przedmiotów społeczno-humanistycznych związanych ze sztuczną inteligencją, co pozwoli studentowi rozszerzyć kompetencje w zakresie kognitywistyki, telematyki medycznej czy modelowania biznesowego.

Bardzo ważnym elementem kształcenia rekomendowanym do realizacji w drugim i trzecim semestrze jest zespołowy projekt badawczo-wdrożeniowy realizowany w wymiarze po 45 godzin projektowych na semestr. Rekomendujemy, aby równolegle zaplanować pracę nad indywidualnym projektem dyplomowym. Przygotowany plan studiów przewiduje 15 godzin seminarium lub proseminarium dyplomowego na drugim semestrze oraz 30 godzin seminarium dyplomowego na semestrze trzecim. Ponadto, rekomendujemy uzupełnić plan semestru drugiego przedmiotami wspomagającymi przygotowanie pracy dyplomowej takimi jak metodologia projektów badawczych (15 godzin ćwiczeń, 1 ECTS) oraz pisanie prac naukowo-technicznych w języku angielskim (30 godzin ćwiczeń, 2 ECTS). Najbardziej pracochłonnym elementem trzeciego semestru (co odzwierciedla liczba punktów ECTS) jest seminarium dyplomowe oraz samo przygotowanie pracy magisterskiej. W przygotowanym programie studiów czas potrzebny na opracowanie pracy dyplomowej oraz punkty ECTS z tym związane są wliczone do seminarium dyplomowego.

Na semestr trzeci, poza kontynuacją projektów rozpoczętych w semestrze drugim, rekomendujemy dwa przedmioty obowiązkowe: realizowany w wymiarze 15 godzin wykładu oraz 15 godzin ćwiczeń (2 ECTS) przedmiot poświęcony teorii uczenia maszynowego oraz realizowany w wymiarze 10 godzin wykładu oraz 20 godzin ćwiczeń (1 ECTS) przedmiot poświęcony etycznym i prawnym aspektom sztucznej inteligencji. Ponadto, na semestr trzeci warto zaplanować obieralne przedmioty specjalistyczne. Kluczową rekomendacją jest tu zapewnienie studentowi dużej elastyczności w doborze realizowanych przedmiotów. W planie studiów rekomendowanego kierunku przewidziany jest jeden pełny przedmiot ogólnoakademicki w wymiarze 30 godzin wykładu oraz 30 ćwiczeń (4 ECTS) i dwa przedmioty (Przedmiot obieralny 5 oraz Przedmiot obieralny 6) w wymiarze 15 godzin wykładu i 15 godzin ćwiczeń (2 ECTS każdy). Pozytywnie należy ocenić uzgodniony z mentorem, tutorem lub promotorem, zestaw przedmiotów obieralnych realizujący 6 lub więcej punktów ECTS. Pełna lista rekomendowanych przedmiotów obieralnych znajduje się w rekomendacjach w zakresie treści nauczania.

# Rekomendowany program studiów

Rekomendowany program studiów stanowi załącznik do tego dokumentu. W tym punkcie omówione zostaną główne jego założenia.

Układ przedmiotów zarysowany w rekomendowanym planie studiów odzwierciedlony jest w przedstawionym poniżej programie przypisującym konkretnym przedmiotom konkretne treści. Zarówno nazwy przedmiotów jak i dokonany podział treści należy traktować jako propozycję. Istotna jest lista efektów kształcenia powiązanych z Polską Ramą Kwalifikacji, których opracowanie zostało oparte o założenia programowe przygotowane przez Radę Programową projektu *AI Tech* oraz programy studiów przygotowane przez partnerów tego projektu w ramach uruchomienia pilotażowych cyklów kształcenia na odpowiednich kierunkach lub specjalnościach.

W programie znajduje się zestaw podstawowych przedmiotów obowiązkowych, których pokrycie przez programy cyklów pilotażowych przekracza 60%, tj. każdy z proponowanych przedmiotów (lub jego odpowiednik) był realizowany w przynajmniej trzech z pięciu programów pilotażowych. Pełna lista przedstawia się następująco:

* *Uczenie maszynowe,*
* *Widzenie komputerowe,*
* *Wstęp do uczenia ze wzmocnieniem,*
* *Przetwarzanie dużych zbiorów danych,*
* *Algorytmy i modele inspirowane biologicznie,*
* *Uczenie głębokie,*
* *Przetwarzanie języka naturalnego.*

Dodatkowo rekomendujemy przedmioty realizowane przez co najmniej jedną uczelnię, które uważamy za szczególnie wartościowe (warto zauważyć, że wiele z aspektów poniższych przedmiotów było realizowanych w ramach różnych przedmiotów na pozostałych uczelniach):

* *Akwizycja danych i ekstrakcja informacji* - przedmiot był realizowany tylko na jednej uczelni, jednak jego elementy pojawiały się w różnych sylabusach we wszystkich analizowanych programach.
* *Metody sztucznej inteligencji w robotyce* – realizowane na dwóch uczelniach,
* *Teoria uczenia maszynowego* – realizowane na dwóch uczelniach,
* *Etyczne i prawne aspekty AI* - realizowane na dwóch uczelniach.

Ponadto, z pilotażu wynikają uzupełniające i projektowe przedmioty obowiązkowe:

* *Komunikacja Interpersonalna* (j. angielski) oraz *Pisanie prac naukowo-technicznych* (j. angielski),
* *Projekt badawczo-wdrożeniowy,*
* *Metodologia projektów badawczych,*
* *Seminarium dyplomowe,*
* *Przygotowanie pracy magisterskiej.*

Plan studiów przewiduje umożliwienie studentowi (w porozumieniu z mentorem, tutorem lub promotorem, patrz rozdział Tutoring) swobodnego dobrania przedmiotów specjalizacyjnych. Rekomendowaną realizacją jest wzrastająca w kolejnych semestrach liczba przedmiotów obieralnych, której powinna towarzyszyć bogata oferta konkretnych przedmiotów do wyboru. Rekomendacja ta może być trudna do realizacji i jej konkretna implementacja w ogromnym stopniu zależy od możliwości kadrowych jednostki wdrażającej. Przykładowy zakres treści specjalizacyjnych, przygotowany w oparciu o programy cyklów pilotażowych i opracowane w ich ramach sylabusy, znajduje się w rekomendacjach w części poświęconej treściom nauczania.

# Rekomendacje w zakresie treści nauczania - sylabusy przedmiotów

Oznaczenia użyte w poniższym opisie:

* w - wykład,
* ć - ćwiczenia,
* l – laboratorium,
* k – konwersatorium,
* p – projekt,
* s – seminarium,
* PP AI – Politechnika Poznańska, specjalność *Sztuczna inteligencja* na kierunku *Informatyka*
* UAM AI – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, specjalność *Sztuczna inteligencja* na kierunku *Informatyka*
* PWr AI – Politechnika Wrocławska, kierunek *Sztuczna inteligencja*,
* PWr SAI – Politechnika Wrocławska, kierunek *Zaufane metody sztucznej inteligencji*,
* PG AI – Politechnika Gdańska, kierunek *Inżynieria biomedyczna.*

W przypadku przedmiotów obowiązkowych, po nazwie przedmiotu umieszczono liczbę punktów ECTS i formę zajęć z liczbą godzin. Podane są też rekomendowane sylabusy projektowe (oraz alternatywne opcje w przypadku przedmiotów obieralnych), stanowią one *Załącznik nr 3.* do tego dokumentu.

W przypadku przedmiotów do wyboru podano tylko przykłady przedmiotów, sugerowane punkty ECTS wraz ze wskazanymi sylabusami i syntetycznymi opisami przedmiotów. Nazwa przedmiotu odpowiada nazwie sylabusa.

Sylabusy wskazane jako przykładowe zostaną udostępnione przez Ministerstwo Cyfryzacji wraz z 8 modelowymi programami studiów zrealizowanymi przez uczelnie partnerskie w ramach projektu AI TECH.

## Przedmioty obowiązkowe

**Grupa przedmiotów podstawowych**

Przedmioty z tej grupy stanowią trzon rekomendowanego kierunku studiów. Ich realizacja pozwoli studentom na uzyskanie większości zakładanych efektów uczenia się. Przy konkretnej implementacji rekomendowanego modelu systemowego, zalecamy bardzo ostrożne i przemyślane modyfikacje tej listy. Do tej grupy należą przedmioty:

***Semestr 1.***

* **Uczenie maszynowe**(5 ECTS, 30 w, 30 l)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z różnorodnymi podejściami i zadaniami z zakresu maszynowego uczenia, umożliwiając im nabycie umiejętności prawidłowego doboru metod do konkretnych zastosowań praktycznych. Kurs kładzie silny nacisk na zrozumienie, jak kluczowe dla sukcesu modeli maszynowego uczenia jest zapewnienie wysokiej jakości danych, jednocześnie wyposażając uczestników w umiejętności i techniki niezbędne do odpowiedniego przygotowania danych. W efekcie, studenci nie tylko zdobywają teoretyczną wiedzę na temat różnych technik uczenia maszynowego, ale także rozwijają praktyczne umiejętności, które są niezbędne w pracy z rzeczywistymi problemami i zestawami danych.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Systemy uczące się* (PP AI), *Uczenie maszynowe* (PWr AI), *Kierunki rozwoju sztucznej inteligencji* (PWr SAI), *Uczenie maszynowe* (UAM AI), *Uczenie maszynowe* (PG AI) oraz *Wprowadzenie do sztucznej inteligencji* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Uczenie maszynowe* (PWr AI).

* **Akwizycja danych i ekstrakcja informacji** (5 ECTS, 30 w, 30 l)

Celem kursu jest zdobycie kompleksowej wiedzy umożliwiającej studentom efektywne wyszukiwanie, przetwarzanie i analizowanie informacji, co przygotuje ich do radzenia sobie z wyzwaniami związanymi z różnorodnymi zastosowaniami danych w praktycznych aplikacjach. Od projektowania systemów akwizycji danych po zastosowanie zaawansowanych technik machine learning, kurs ma za zadanie zapewnić studentom solidne fundamenty i zaawansowane umiejętności niezbędne w dynamicznie rozwijającym się polu data science i pokrewnych dziedzinach.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Ekstrakcja informacji* (UAM AI), *Analiza danych sportowych* (UAM AI).

Jako podstawę proponuje się przyjąć sylabus przedmiotu *Ekstrakcja informacji* (UAM AI) po uzupełnieniu go o zagadnienia inne niż analiza tekstu. Dodatkowo w programie powinny się pojawić tematy związane z eksploracyjną analizą danych i elementy statystyki.

* **Widzenie komputerowe** (5 ECTS, 30 w, 30 l)

Celem przedmiotu jest przekazanie studentom podstaw w zakresie widzenia komputerowego i przetwarzania obrazów, ze szczególnym uwzględnieniem powiązań z uczeniem maszynowym i inteligencją obliczeniową. Kurs ma na celu rozwinięcie umiejętności analizy obrazów, detekcji, segmentacji, klasyfikacji i lokalizacji obiektów, oraz ich praktyczne zastosowanie w projektach programistycznych. Studenci będą również trenować efektywną współpracę w małych zespołach projektowych, rozwijając zarówno swoje umiejętności techniczne, jak i komunikacyjne.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Widzenie komputerowe* (PP AI), *Systemy inspekcji wizualnej* (PWr SAI), *Widzenie komputerowe* (UAM AI) oraz *Wizja komputerowa* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Widzenie komputerowe* (PP AI)*.*

* **Wstęp do uczenia ze wzmocnieniem** (4 ECTS, 30 w, 30 l)

Celem przedmiotu jest zapewnienie studentom dogłębnego zrozumienia podstawowych i zaawansowanych koncepcji związanych z uczeniem ze wzmocnieniem, jednym z kluczowych obszarów współczesnej sztucznej inteligencji. Kurs obejmuje szeroki zakres tematów, począwszy od probabilistyki i decyzji Markowa, aż po zaawansowane techniki takie jak Q-learning i algorytmy Actor-Critic.

Przykładem realizacji takiego przedmiotu jest *Zaawansowane metody inteligencji obliczeniowej* (PP AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Zaawansowane metody inteligencji obliczeniowej* (PP AI).

* **Przetwarzanie duży zbiorów danych** (4 ECTS, 30 w, 30 l)

Celem przedmiotu jest nauczenie studentów podstaw przetwarzania danych masowych, metod implementacji oraz utrzymania aplikacji uczenia maszynowego w środowiskach produkcyjnych. Kurs obejmuje również zapoznanie się z kluczowymi narzędziami do przetwarzania danych masowych i zarządzania zasobami obliczeniowymi, a także rozwijanie umiejętności implementacji i wdrażania aplikacji do przetwarzania danych w systemach produkcyjnych.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Przetwarzanie masywnych danych* (PP AI), *Przetwarzanie danych masowych* (PWr AI), *Statystyczna Analiza Danych* (PWr SAI), *Systemy Obliczeniowe AI* (PWr SAI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Przetwarzanie danych masowych* (PWr AI).

* **Algorytmy i modele inspirowane biologicznie** (3 ECTS, 15 w, 15 l)

Celem przedmiotu jest przekazanie studentom wiedzy nt. nowoczesnych inteligentnych metod optymalizacji z naciskiem na zastosowania do rozwiązywania zagadnień dyskretnych/kombinatorycznych. Ponadto kładziony jest nacisk na przekazanie wiedzy o biologicznie inspirowanych algorytmach optymalizacyjnych, ich mechanizmach, zaletach, wadach oraz sposobach efektywnej implementacji i oceny. Zajęcia mają także na celu rozwinięcie umiejętności analizy wyników badań, tworzenia raportów i wizualizacji rezultatów.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Algorytmy i modele inspirowane biologicznie* (PP AI), *Inteligentne metody optymalizacji* (PP AI), *Metaheurystyki* (PWr AI), *Inteligencja obliczeniowa* (UAM AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Inteligentne metody optymalizacji* (PP AI).

* **Komunikacja interpersonalna (j. angielski)** (2 ECTS, 30 ć)

Przedmiot ma na celu przekazanie studentom podstawowej wiedzy z zakresu komunikacji interpersonalnej w języku angielskim, obejmującej pojęcia i modele komunikacyjne, różne kanały komunikacyjne oraz umiejętność skutecznego słuchania w kontekście biznesowym. Ponadto, program ćwiczeń zapoznaje studentów ze współczesnymi problemami komunikacji interpersonalnej, takimi jak bariery w komunikacji wielokulturowej, konflikty i asertywność. W trakcie zajęć studenci rozwijają swoje umiejętności rozwiązywania problemów oraz porozumiewania się w grupach, a także pracują nad doskonaleniem swojej kompetencji językowe.

Przykładem realizacji takiego przedmiotu jest *Komunikacja interpersonalna* (PP AI)*,* podobne treści znaleźć można również w sylabusach z zakresu przedmiotów z j. angielskiego na innych uczelniach.

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Komunikacja interpersonalna* (PP AI).

***Semestr 2.***

* **Uczenie głębokie** (5 ECTS, 30 w, 30 l)

Cele przedmiotu obejmują zdobycie wiedzy o głębokich modelach uczenia maszynowego, zrozumienie roli hiperparametrów, nabycie praktycznych umiejętności w projektowaniu i implementacji modeli, a także umiejętność oceny wpływu hiperparametrów na skuteczność modelu.

Przykładem realizacji takiego przedmiotu jest *Uczenie głębokie* (PP AI), *Głębokie sieci neuronowe* (PWr AI), *Zaawansowane modele głębokich sieci* (PWr AI), *Sieci neuronowe* (PWr SAI), *Uczenie głębokie* (PWr SAI), *Uczenie głębokie* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Głębokie sieci neuronowe* (PWr AI).

* **Przetwarzanie języka naturalnego**(5 ECTS, 30 w, 30 l)

Celem przedmiotu jest wprowadzenie studentów w metodologię, narzędzia i zasoby stosowane w przetwarzaniu języka naturalnego, z naciskiem na klasyczne metody statystyczne oraz nowoczesne techniki głębokiego uczenia maszynowego. Program zajęć obejmuje szeroki zakres tematów, takich jak tłumaczenie automatyczne, analiza sentymentu, klasyfikacja tekstów, ekstrakcja jednostek nazewniczych czy modelowanie tematyczne. Dodatkowym celem jest rozwijanie umiejętności analizy modeli statystycznych i uczenia maszynowego pod kątem różnych aspektów, takich jak złożoność obliczeniowa, rodzaj i rozmiar danych uczących, ograniczenia modelu czy metody wnioskowania, oraz ich praktyczne zastosowanie do rozwiązywania skomplikowanych problemów związanych z tekstami.

Przykładem realizacji takiego przedmiotu jest *Zaawansowane przetwarzanie języka naturalnego* (PP AI), *Eksploracja danych językowych* (PWr AI), *Przetwarzanie języka naturalnego* (PWr AI), *Przetwarzanie języka naturalnego* (PWr SAI), *Modelowanie języka* (UAM AI), *Uczenie głębokie w przetwarzaniu tekstów* (UAM AI), *Przetwarzania języka naturalnego* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Zaawansowane przetwarzanie języka naturalnego* (PP AI).

* **Metody sztucznej inteligencji w robotyce** (5 ECTS, 30 w, 30 l)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zagadnieniami z pogranicza robotyki i sztucznej inteligencji. Zaprezentowane są zarówno aspekty sprzętowe, jak i zagadnienia związane z ich praktycznym wykorzystaniem. Omówione są typowe rozwiązania algorytmiczne i sprzętowe. Pokazane są typowe rozwiązania systemów robotycznych realizujących typowe zadania.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Metody sztucznej inteligencji w robotyce* (PP AI), *Aspekty robotyki w sztucznej inteligencji* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus kursu *Aspekty robotyki w sztucznej inteligencji* (PG AI).

* **Metodologia**  **projektów badawczych** (1 ECTS, 15 ć)

Główny cel to przygotowanie studentów do udziału w realizacji badań naukowych oraz przekazanie studentom podstawowej wiedzy dotyczącej metodologii prowadzania badań naukowych, w szczególności w odniesieniu do informatyki, rozwijanie umiejętności korzystania ze źródeł naukowych, formułowania i rozwiązywania problemów poprzez dobór odpowiednich metod analitycznych i eksperymentów w badaniach naukowych oraz pisania opracowań nt. przeprowadzonych badań.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Metodologia projektów badawczych* (PPAI), *Metodyka prowadzenia projektów naukowo-wdrożeniowych* (PWr AI), *Przygotowanie do projektu badawczo-rozwojowego* (UAM AI), *Zarządzanie projektem* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus kursu *Metodologia projektów badawczych* (PP AI).

* **Pisanie prac naukowo-technicznych (j. angielski)** (2 ECTS, 30 ć)

Przedmiot ten skupia się na zaawansowanym nauczaniu języka angielskiego w kontekście akademickim, skierowanym do studentów potrzebujących umiejętności specjalistycznych w języku angielskim. Celem jest wyposażenie uczestników w umiejętności niezbędne do pisania i mówienia w środowisku akademickim, co obejmuje zarówno znajomość specyficznego słownictwa, jak i zrozumienie konwencji obowiązujących w świecie nauki. Program koncentruje się na czterech podstawowych sprawnościach językowych, z silnym naciskiem na pisemną i ustną komunikację. Podkreśla się znaczenie krytycznego myślenia oraz umiejętności oceny prac pod kątem merytorycznym i formalnym. Kurs przygotowuje także do efektywnej pracy zespołowej i wykorzystania materiałów źródłowych w pisaniu dokumentów formalnych oraz prac naukowych.

Przykładem realizacji takiego przedmiotu jest *Pisanie prac naukowo-technicznych (Scientific & Technical Writing) (j. angielski)* (PP AI). Podobne treści znaleźć można również w sylabusach z zakresu przedmiotów z j. angielskiego na innych uczelniach.

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus kursu *Pisanie prac naukowo-technicznych (Scientific & Technical Writing) (j. angielski)* (PP AI).

* **Projekt badawczo-wdrożeniowy 1** (3 ECTS, 45 p)

Cele przedmiotu koncentrują się na zdobyciu przez studentów umiejętności realizacji, definiowania i opisu projektów naukowo-wdrożeniowych w obszarze sztucznej inteligencji, ze szczególnym uwzględnieniem pracy grupowej, analizy stanu wiedzy, techniki oraz potrzeb użytkownika. Ponadto kurs ma na celu szczegółowe przedstawienie różnych etapów prowadzenia tego typu projektów.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Projekt badawczo-wdrożeniowy I* (PP AI), *Projekt naukowo-wdrożeniowy 1* (PWr AI), *Projekt naukowo-wdrożeniowy 1* (PWr SAI), *Projekt badawczo-rozwojowy 1* (UAM AI), *Projekt badawczy I* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus kursu *Projekt badawczo-wdrożeniowy* *1*(PWr AI).

* **Seminarium dyplomowe 1**(3 ECTS, 15 s)

Celem przedmiotu jest przekazanie studentom podstawowej wiedzy z zakresu metodologii przygotowywania i prezentowania opracowań naukowych, ze szczególnym uwzględnieniem prac dyplomowych z dziedziny informatyki. W ramach kursu, duży nacisk kładziony jest na rozwijanie umiejętności rozwiązywania problemów, integrowanie i interpretowanie danych, informacji oraz wiedzy pochodzących z różnorodnych źródeł. Dodatkowo, program naucza korzystania z metod, technik i narzędzi badawczych, niezbędnych w specjalistycznych badaniach naukowych w wybranej dziedzinie.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Seminarium dyplomowe* (PP AI), *Praca dyplomowa* (PWr AI), *Seminarium dyplomowe* (PWr AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus kursu *Seminarium dyplomowe* (PP AI).

***Semestr 3.***

* **Teoria**  **uczenia maszynowego** (2 ECTS, 15 w, 15 ć)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z najważniejszymi wynikami w dziedzinie teorii uczenia maszynowego. Zajęcia wykładowe skupiają się na omówieniu podstaw statystycznej teorii uczenia (sformułowanie problemu uczenia, elementy statystycznej teorii decyzji, minimalizacja ryzyka empirycznego, teoria uogólnienia, przetarg obciążenia/wariancji) oraz teorii uczenia przyrostowego (predykcje z ekspertami, przyrostowa optymalizacja wypukła).

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Teoria uczenia maszynowego* (PP AI), *Obliczeniowe podstawy sztucznej inteligencji* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus kursu *Teoria uczenia maszynowego* (PP AI).

* **Seminarium dyplomowe 2 i przygotowanie pracy magisterskiej** (2 ECTS + 15 ECTS, 30 s)

Jak w semestrze 2. Kontynuacja przedmiotu Seminarium dyplomowe 1 oraz przygotowanie pracy magisterskiej.

Zapoznanie studentów z procesem definicji problemu badawczego, metod jego analizy, sposobu ewaluacji uzyskanych wyników oraz technik dokumentowania poszczególnych etapów realizacji badań.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Przygotowanie pracy magisterskiej* (PP AI), *Seminarium magisterskie* (UAM AI), *Praca dyplomowa magisterska I* (PG AI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus kursu *Praca dyplomowa magisterska I* (PG AI).

* **Etyczne i prawne aspekty AI** (1 ECTS, 30 p)

Cele przedmiotu obejmują zdobycie podstawowej wiedzy na temat aspektów prawnych, etycznych i psychologicznych związanych z bezpieczeństwem zasobów sieci teleinformatycznych oraz bezpieczeństwem informacji.

Przykładami realizacji takiego przedmiotu są *Aspekty prawne, społeczne i etyczne sztucznej inteligencji* (PWR AI), *Etyczne, prawne i socjalne aspekty AI* (PWr SAI).

Do wykorzystania rekomenduje się sylabus przedmiotu *Etyczne, prawne i socjalne aspekty AI (*PWr SAI).

* **Projekt badawczo-wdrożeniowy 2**(2 ECTS, 45 p)

Jak w semestrze 2. Kontynuacja przedmiotu Projekt badawczo-wdrożeniowy 1.

## Przedmioty obieralne (do wyboru)

Uczelniom pozostawiono swobodę w kształtowaniu programów studiów, co manifestuje się szerokim zakresem dostępnych przedmiotów. Przedstawiona poniżej lista ma na celu umożliwienie uczelni wyboru podzbioru przedmiotów obieralnych realizowanych w ramach programu, dostosowując się do posiadanych kompetencji i zasobów kadrowych. Oczywiście istnieje możliwość proponowania przez uczelnię własnych przedmiotów lub zamiany przedmiotu obieralnego na obowiązkowy, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganego udziału 30% punktów ECTS z zajęć do wyboru.

**Grupa przedmiotów specjalistycznych (narzędziowych)**

Treść merytoryczna przedmiotów z tej grupy powinna być związana z narzędziami wspomagającymi modelowanie architektury i przestrzeni danych. Do tej grupy należą przedmioty:

* **Narzędzia uczenia maszynowego** (PP AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 1**)

Głównym celem przedmiotu jest zaprezentowanie bogatego zestawu narzędzi koniecznych do praktycznego wdrażania rozwiązań informatycznych wykorzystujących techniki uczenia maszynowego. Tematyka poruszana podczas zajęć obejmuje: wersjonowanie danych i modeli statystycznych, narzędzia do zarządzania przepływem pracy (ang. workflow) dla uczenia maszynowego, narzędzia do adnotacji danych na potrzeby zbiorów uczących, narzędzia do monitorowania procesu trenowania modeli, praktyczne aspekty produktyzacji modeli statystycznych, narzędzia do zarządzania projektem uczenia maszynowego.

* **Narzędzia modelowania wiedzy** (PP AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 1**)

Przekazanie studentom podstawowej wiedzy w zakresie metod, technologii i narzędzi modelowania wiedzy. Omówienie dobrych praktyk reprezentacji i inżynierii wiedzy w Internecie. Przedstawienie zastosowań metod i narzędzi reprezentacji wiedzy (np.: ekstrakcja wiedzy z tekstu, integracja informacji z heterogenicznych źródeł, semantyczne wyszukiwanie informacji czy systemy rekomendacyjne w konkretnych scenariuszach zastosowań). Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów w zakresie sposobów użytkowania i projektowania systemów wykorzystujących technologie przetwarzania wiedzy.

* **Przetwarzanie danych przestrzennych** (PWr AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 1**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie z metodami analizy danych przestrzennych w szczególności wymiaru czasowego i przestrzennego. Zapoznanie z podstawowymi problemami i zadaniami w przetwarzaniu danych przestrzennych. Nabycie umiejętności pracy z dostępnymi narzędziami do analizy danych przestrzennych, ich modyfikacji do własnych potrzeb oraz wytwarzania. Nabycie umiejętności wykorzystania analizy danych przestrzennych w przykładowych zastosowaniach, np. wyjaśnianie zjawisk mobilnościowych, analiza wykorzystania terenu, eksploracja korelacji czasoprzestrzennych.

* **Projektowanie bezpiecznej architektury ICT** (PWr SAI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 1**)

Przedmiot ma za zadanie zapoznanie słuchaczy ze sposobami projektowania bezpiecznej architektury ICT (Information and Communication Technologies). Zapoznanie słuchaczy z wybranymi zagadnieniami związanymi ze sposobami zarządzania projektami, zasobami ludzkimi oraz modelowaniem warstwowym w ICT. Przygotowanie słuchaczy do praktycznej realizacji projektów ICT z wykorzystaniem metodologii zwinnych.

**Grupa przedmiotów z zakresu nauk ścisłych i przyrodniczych**

Dzięki realizacji przedmiotów z zakresu nauk ścisłych i przyrodniczych, student ma szansę pogłębić swoją wiedzę fizyczną i matematyczną, realizując treści powiązane ze sztuczną inteligencją. Do tej grupy można zaliczyć następujące przedmioty:

* **Fizyka i algorytmika kwantowa** (PWr SAI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 2**)

Celem przedmiotu jest wprowadzenie do teorii informacji kwantowej. A następnie poznanie podstaw algorytmów kwantowych, w szczególności kwantowe algorytmy faktoryzacji, algorytm wyszukiwania kwantowego, kwantowe algorytmy kryptograficzne.

* **Matematyczne podstawy sztucznej inteligencji i cyberbezpieczeństwa** (UAM AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 2**)

Celem przedmiotu jest przygotowanie aparatu pojęciowego z algebry liniowej, rachunku prawdopodobieństwa oraz statystyki matematycznej potrzebnych do wykonywania praktycznych obliczeń związanych z uczeniem maszynowym i cyberbezpieczeństwem. Następnie nabycie umiejętności testowania przedstawionych algorytmów na zbiorach danych i optymalizacji ich działania. oraz poznanie metod sformułowania zadanego problemu jako zagadnienia optymalizacji i znalezienie jego rozwiązania i nabycie umiejętności wyboru właściwego algorytmu w celu rozwiązania problemu optymalizacyjnego.

* **Eksploracja procesów biznesowych** (PP AI), ECTS 4 pkt. (**Przedmiot obieralny 2**).

Celem przedmiotu jest przekazanie studentom podstawowej wiedzy dotyczącej wykorzystania narzędzi modelowania, zarządzania wykonaniem i analizy przebiegu procesów biznesowych. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów dotyczących projektowania i odkrywania z dzienników zdarzeń procesów biznesowych w ramach technologii stosowanych w biznesie. Rozwijanie u studentów umiejętności diagnostyki pracy i usprawniania procesów biznesowych z użyciem narzędzi stosowanych w biznesie. Kształtowanie u studentów umiejętności zdolności myślenia analitycznego, wnioskowania na podstawie obserwacji i modeli analitycznych.

* **Telematyka medyczna** (PG AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 2**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z wybranymi technikami i standardami używanymi w telemedycynie jak również rozwinięcie zdobytej do tej pory wiedzy z zakresu programowania do oprogramowania urządzeń przenośnych i nasobnych (wearables) typu smartfon, opaski fitband, itp.

* **Systemy internetowe i rozproszone** (PG AI), ECTS 2 pkt. (**Przedmiot obieralny 2**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z technologiami internetowymi i sposobami przetwarzania rozproszonego w chmurze danych pochodzących z systemów wspomagania zdrowia i monitoringu stanu zdrowia. Pod uwagę brane są dane jednowymiarowe, dwuwymiarowe (obrazy) oraz sekwencje obrazów.

**Grupa przedmiotów z zakresu nauk humanistycznych i społecznych**

Podobnie jak przedmioty specjalistyczne, przedmioty z tej grupy powinny być ściśle związane z kierunkiem studiów i zawierać treści związane ze sztuczną inteligencją. Do tej grupy należą przedmioty:

* **Kognitywistyka** (PWr SAI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 3**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studenta z podstawami kognitywistyki i teorii związanych z funkcjonowaniem umysłu i mózgu oraz zdobycie przez studenta wiedzy dotyczącej możliwości wykorzystywania osiągnięć kognitywistyki w naukach technicznych.

* **Modelowanie biznesowe dla innowacyjnych rozwiązań z wykorzystaniem SI** (PP AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 3**)

Celem przedmiotu jest zdobycie przez studentów wiedzy oraz nabycie umiejętności i kompetencji w zakresie: rozumienia istoty, zasad i analizy potencjału konkurencyjnego przedsiębiorstwa/start-upu tworzenia modelu biznesowego dla innowacyjnych rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję w oparciu o metodykę canvas i lean canvas; diagnozowania czynników i barier rozwoju w zastosowaniu sztucznej inteligencji w rozwiązaniach biznesowych we współczesnej gospodarce.

* **Technologie dobra społecznego** (PP AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 3**)

Głównym celem przedmiotu jest pobudzenie w studencie ducha społecznej przedsiębiorczości oraz dostarczenie mu wiedzy i kompetencji do realizacji produktów cyfrowych lub inicjatyw wspomaganych narzędziami cyfrowymi, których celem jest ogólnie pojęte dobro społeczne. W pierwszej części zajęć student poznaje techniki szybkiego przyswajania wiedzy domenowej. Dalsza część zajęć oparta jest o studia przypadków rozwiązywania konkretnych problemów społecznych.

**Grupa przedmiotów specjalistycznych (informatycznych)**

Przedmioty z tej grupy powinny być ściśle związane z kierunkiem studiów i zawierać treści, które pozwolą studentom na zdobycie wiedzy i umiejętności z zakresu zaawansowanych technik sztucznej inteligencji. Do tej grupy należą przedmioty:

* **Algorytmiczna teoria decyzji** (PP AI), ECTS 3 pkt. (**Przedmiot obieralny 4**)

Ogólnym celem jest poznanie przez studentów teoretycznych i praktycznych aspektów szeroko rozumianej algorytmicznej teorii decyzji, a w szczególności nabycie zaawansowanych umiejętności z zakresu teorii gier, nabycie umiejętności wykorzystania granicznej analizy danych w problemach badania efektywności jednostek decyzyjnych, poznanie podstawowych metod optymalizacji wielokryteriowej opartych na programowaniu liniowym i algorytmach ewolucyjnych, zrozumienie zasad działania algorytmów uczenia preferencji oraz ich wykorzystania do uczenia z dużych zbiorów przykładowych decyzji.

* **Sztuczna inteligencja w informatyce biomedycznej** (PP AI), ECTS 4 pkt. (**Przedmiot obieralny 4**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studenta z metodami sztucznej inteligencji, które znajdują zastosowanie podczas rozwiązywania szeregu problemów wywodzących się z dziedziny informatyki biomedycznej wymagających specjalizowanej analizy danych biologicznych i medycznych, reprezentacji odkrytej wiedzy w formie złożonych modeli oraz wyjaśniania działania tych modeli oraz ich implementacji w środowiskach programistycznych. Dalej student poznaje metody przeprowadzania eksperymentów obliczeniowych z zakresu bioinformatyki.

* **Analiza danych sieciowych** (PWr SAI), ECTS 4 pkt. (**Przedmiot obieralny 4**)

Celem przedmiotu jest nabycie wiedzy w zakresie modelowania systemów i interpretowania ich własności grafowych w celu optymalizacji zadanej funkcji celu oraz poznanie pojęć i podstawowych faktów teorii grafów i nabycie umiejętności interpretowania praktycznych zagadnień z dziedziny badań operacyjnych przy pomocy teorii grafów.

* **AI w grach** (PWr SAI), ECTS 2 pkt. (**Przedmiot obieralny 5**)

Celem przedmiotu jest nabycie wiedzy z zakresu powszechnego wykorzystania sztucznej inteligencji w grach komputerowych, tj. maszyny stanów, algorytmy znajdowania najkrótszej ścieżki oraz Monte-Carlo Tree Search (MTCS). Nabycie wiedzy z zakresu wykorzystania algorytmów uczących się w zadaniu optymalizacji zachowań gracza komputerowego i tworzenia zaawansowanych botów do gier. Zaimplementowanie własnego algorytmu kontrolującego gracza komputerowego w grze strategicznej Starcraft 2.

* **Gry kombinatoryczne** (UAM SI), ECTS 2 pkt. (**Przedmiot obieralny 5**)

Celem przedmiotu jest rozwój kreatywności w poszukiwaniu rozwiązań złożonych algorytmicznie problemów związanych z grami dwuosobowymi z pełną informacją oraz doskonalenie przeprowadzania rozumowań analitycznych i syntetycznych, w tym zdolności oceny poprawności rozumowań i dostrzeganie związków między grami towarzyskimi a zagadnieniami złożoności obliczeniowej algorytmów.

* **Cyberbezpieczeństwo** (PP AI), ECTS 2 pkt. (**Przedmiot obieralny 5**)

Przekazanie studentom wiedzy z zakresu szeroko rozumianego bezpieczeństwa teleinformatycznego oraz metod i narzędzi wykorzystywanych do szacowania i kontroli ryzyka naruszenia poufności, integralności i dostępności danych. Zapoznanie studentów z zaawansowanymi metodami, technikami i narzędziami stosowanymi przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w obszarze projektowania i utrzymania systemów sieciowych odpowiedzialnych za bezpieczeństwo przesyłanych danych.

* **Programowanie urządzeń brzegowych i mobilnych** (PG AI), ECTS 2 pkt. (**Przedmiot obieralny 5**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z podstawowymi technologiami programowania urządzeń brzegowych i mobilnych. W ramach kursu omawiane są techniki gromadzenia i przetwarzania danych z użyciem wbudowanych czujników, modułów zewnętrznych oraz modułów komunikacji bezprzewodowej, a także praktyczne wykorzystanie modeli uczenia głębokiego.

* **Wizualizacja danych wielowymiarowych** (PP AI), ECTS 2 pkt. (**Przedmiot obieralny 6**)

Celem przedmiotu jest wprowadzenie metod analizy wielowymiarowej operacji wektorowo macierzowych, w szczególności poszukiwania wartości własnych macierzy kwadratowych, wizualizacji składowych głównych, metod skalowania wielowymiarowego oraz metod przechodzenia między różnymi układami współrzędnych w tym współrzędnych barycentrycznych.

* **Przetwarzanie danych i odkrywanie wiedzy** (PWr AI), ECTS 2 pkt. (**Przedmiot obieralny 6**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z potokiem przetwarzania w zagadnieniach analizy danych i uczenia maszynowego. Nabycie umiejętności podstawowej analizy danych i doboru metod uczenia maszynowego. Nabycie umiejętności wdrażania prostych aplikacji wykorzystujących modele uczenia maszynowego.

* **Najnowsze trendy w sztucznej inteligencji** (PP AI), ECTS 1 pkt. (**Przedmiot obieralny 7**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studenta z najnowszymi trendami badawczymi w dziedzinie sztucznej inteligencji, poznanie metod pracy ośrodków naukowych i zainteresowań specjalistów w tej dziedzinie oraz wymiana innowacyjnych idei i doświadczeń. Studenci spotykają się również z aspektami pozatechnicznymi technologii sztucznej inteligencji, np. aspektami prawnymi, etycznymi czy społecznymi.

* **Praktyczne aspekty sztucznej inteligencji** (PP AI), ECTS 1 pkt. (**Przedmiot obieralny 7**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie się z praktycznymi aspektami technologii sztucznej inteligencji poznanymi w trakcie studiów, w tym poszerzenie swojej wiedzy na temat stosowanych w praktyce metod i narzędzi sztucznej inteligencji oraz na temat aspektów pozatechnicznych stosowania tych technologii, np. aspektów prawnych, etycznych czy społecznych.

* **Metody interakcji człowiek maszyna** (PG AI), ECTS 1 pkt. (**Przedmiot obieralny 7**)

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zasadami projektowania interakcji i interfejsów Człowiek-Maszyna. Zapoznanie studentów z podstawowymi technikami wykorzystywanymi do interakcji człowieka z komputerem, człowieka z maszyną. Przedstawienie trendu zmian w technologii związanego z nowymi interfejsami jak również z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w interfejsach człowiek-maszyna, człowiek-komputer.

**Rekomendacja ścieżek kształcenia**

Przedmioty obieralne są tak dobrane, aby student mógł skomponować sobie kompetencje zgodnie z własnymi zainteresowaniami. Jednakże rekomendujemy wskazanie pewnych ścieżek kształcenia, w których część przedmiotów zostaje zasugerowana:

* **Wykorzystanie AI w bioinżynierii medycznej:** sugerowane przedmioty:
  + Narzędzia uczenia maszynowego
  + Telematyka medyczna
  + Sztuczna inteligencja w informatyce biomedycznej
  + Cyberbezpieczeństwo
* **Bezpieczeństwo sieci:** sugerowane przedmioty:
  + Projektowanie bezpiecznej architektury ICT
  + Matematyczne podstawy sztucznej inteligencji i cyberbezpieczeństwa
  + Analiza danych sieciowych
  + Przetwarzanie danych i odkrywanie wiedzy
* **Wykorzystanie AI w grach i symulacjach świata realnego:** sugerowane przedmioty:
  + Przetwarzanie danych przestrzennych
  + Fizyka i algorytmika kwantowa
  + Kogniwistyka
  + AI w grach
* **AI w biznesie:** sugerowane przedmioty:
  + Eksploracja procesów biznesowych
  + Narzędzia modelowania wiedzy
  + Wizualizacja danych wielowymiarowych
  + Praktyczne aspekty sztucznej inteligencji

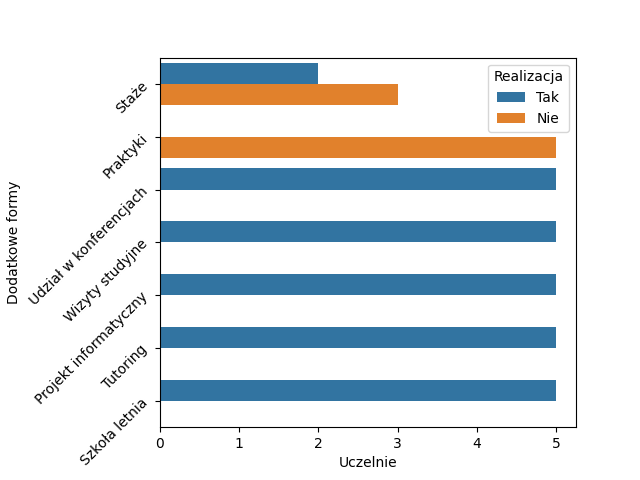
# Rekomendacje w zakresie dodatkowych form kształcenia

Dodatkowe formy kształcenia uzupełniają i wzbogacają proces dydaktyczny przez dostarczenie studentom dodatkowej praktycznej wiedzy z zakresu AI oraz osadzają wiedzę teoretyczną w kontekście rzeczywistego świata biznesowego i naukowego. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że formy te wymagają dużych nakładów finansowych, co może być trudne lub wręcz niemożliwe do zrealizowania bez dodatkowych środków finansowych.

Niemniej, stosowanie takich form kształcenia jak staże, wizyty studyjne, udział w konferencjach, projektach informatycznych, czy tutoringu, przynosi znaczne korzyści dla studentów. Zapewniają one studentom możliwość pogłębienia swojej wiedzy i umiejętności w sposób bezpośredni i praktyczny. Istotnym aspektem jest tu również stworzenie warunków do nawiązania kontaktów ze środowiskiem biznesowym i naukowym, które mogą prowadzić do realizacji staży, praktyk, czy nawet do zatrudnienia po ukończeniu studiów. Udział w konferencjach umożliwia studentom okazję do dzielenia się wiedzą z ekspertami w dziedzinie AI oraz wzmacnia ich motywację do rozwoju i prezentowania własnych pomysłów. Praca nad projektami informatycznymi pozwala na intensywne rozwijanie umiejętności technicznych i wprowadza do zarządzania projektem. Z kolei tutoring jest formą wsparcia, która pomaga studentowi w prowadzeniu indywidualnej ścieżki rozwoju, dostosowanej do jego zainteresowań i celów zawodowych.

Proponowane dodatkowe formy kształcenia tworzą warunki do rozwoju umiejętności miękkich, takich jak praca w grupie i komunikacja z osobami o różnych doświadczeniach zawodowych i naukowych. Wprowadzenie współpracy międzynarodowej powoduje, że studenci mają możliwość nawiązywania kontaktów międzynarodowych, biorą udział w wymianie doświadczeń i tworzą potencjał dla współpracy z naukowcami i praktykami całego świata. Wymienione narzędzia dydaktyczne sprzyjają aktywnemu, wieloaspektowemu rozwojowi studenta, dostosowując go do aktualnych potrzeb dynamicznie rozwijającej się dziedziny, jaką jest sztuczna inteligencja.

Realizacja dodatkowych form kształcenia na uczelniach.



## Staże i wizyty studyjne

### Praktyki

Zgodnie z rozwiązaniami przyjętymi w analizowanych programach studiów, rekomendowany model wzorcowy nie przewiduje praktyk (w ich miejsce proponując staże i wizyty studyjne). Jednak to od uczelni zależy, czy zdecyduje się ona na wprowadzenie praktyk jako obowiązkowych do programu studiów. Jeśli tak, to powinny im zostać przypisane punkty ECTS (domyślnie 6) oraz liczba wymaganych godzin do zrealizowania (min. 160). Obowiązkowe praktyki mogą wówczas zastąpić jeden z przedmiotów obieralnych wymienionych w rekomendowanym programie studiów. Uczelnie zazwyczaj organizują praktyki zgodnie z wewnętrznymi regulaminami praktyk na podstawie umów trójstronnych z pracodawcą oraz studentem i do nadzorowania ich realizacji mają powołanego opiekuna praktyk. Należy zwrócić uwagę na to, by zapewnić studentom możliwość realizacji praktyk w firmach, które mają sztuczną inteligencję w profilu swojej działalności lub korzystają z możliwości sztucznej inteligencji w celu rozwijania bądź wspierania swojej działalności. Uczelnia powinna także określić program takich praktyk. *Ustawą z dnia 1 grudnia 2022 r. o* *zmianie ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz niektórych innych ustaw* w art. 67 dodano ust. 7., który umożliwia zaliczenie na poczet praktyki zawodowej czynności wykonywanych przez studenta w ramach m.in. zatrudnienia, stażu lub wolontariatu, jeżeli umożliwiły one uzyskanie efektów uczenia się określonych w programie studiów dla praktyk zawodowych.

### Organizacja staży

Staże organizowane są we współpracy uczelni z partnerami gospodarczymi, naukowymi, ośrodkami badawczo-rozwojowymi lub innymi podmiotami, które oferują możliwość zdobycia doświadczenia w dziedzinie sztucznej inteligencji. Na podstawie analizy rozwiązań wykorzystanych w ramach studiów pilotażowych rekomendujemy, aby każdy staż był realizowany indywidualnie przez studenta, nad którym opiekę sprawuje koordynator staży z uczelni lub osoba wybrana przez pracodawcę. Staże (rekomendowany okres stażu to 1 miesiąc) powinny być organizowane w czasie wolnym od obowiązkowych zajęć dydaktycznych.

**Procedura realizacji staży**

Koordynator ds. staży najpierw kompletuje ofertę stażową, przeprowadzając rozmowy z potencjalnymi pracodawcami. Przedsiębiorstwa i instytucje, które pragną oferować staże, otrzymują do wypełnienia formularz z informacjami o tematyce proponowanych staży, warunkach ich przeprowadzenia i wynagrodzeniu. Należy szczególnie zadbać o zdobycie ofert staży międzynarodowych, które mogą być szczególnie atrakcyjne dla studentów kierunku.

Lista zgłoszeń jest następnie publikowana dla studentów. Studenci są jednocześnie informowani o zasadach rozliczenia staży, jak i możliwości odbycia stażu również w innych podmiotach, które zajmują się sztuczną inteligencją, a nie zostały ujęte w publikowanej liście.

Studenci samodzielnie dokonują wyboru oferty i podchodzą do procesu rekrutacji. Studenci, po pomyślnym procesie rekrutacji informują o tym fakcie koordynatora ds. staży. Ten przydziela studentowi opiekuna stażu ze strony uczelni; jeżeli to możliwe takiego, który już ma doświadczenie we współpracy z danym podmiotem. Opiekun oferuje studentowi konsultacje i pomoc podczas przebiegu stażu.

Po zakończeniu stażu, student w porozumieniu z opiekunem stażu przygotowuje raport, który jest podpisywany przez studenta, opiekuna stażu ze strony Uczelni oraz opiekuna stażu ze strony pracodawcy. Raport jest następnie przekazywany koordynatorowi ds. staży.

Zaleca się by uczelnie tworzyły formalną sieć partnerstwa z firmami technologicznymi już na etapie planowania wprowadzenia tego kierunku studiów. Umożliwiłoby to utworzenie stabilnego rdzenia oferty stażowej i ułatwiłoby organizację części staży od strony firm i Uczelni. Dodatkowo, pozyskanie atrakcyjnych partnerów stażowych może zachęcić potencjalnych kandydatów do podjęcia studiów na tym kierunku.

### Organizacja wizyt studyjnych

Wizyty studyjne stanowią istotny element kształcenia na kierunku *Sztuczna inteligencja*. Są one zaprojektowane tak, aby umożliwić studentom zapoznanie się z praktycznymi zastosowaniami teorii, które poznają na wykładach oraz stworzyć pole do interakcji z praktykami. Każde spotkanie obejmuje prezentację firmy, jej działalności, wykorzystywanych narzędzi IT, a także otwiera przestrzeń dla interakcji, takich jak dyskusje czy zadania dla uczestników. Rekomendujemy, aby wizyty studyjne były koordynowane przez opiekuna wyłonionego spośród pracowników lub doktorantów uczelni. Wizyty mogą być organizowane w dowolnym czasie roku akademickiego. Doświadczenia uzyskane w trakcie pilotażu wskazują, że optymalny czas to 3 do 5 dni.

**Procedura realizacji wizyt studyjnych**

Realizacja edycji wizyt studyjnych powinna być zainicjowana przez poinformowanie o tym pracowników i doktorantów specjalizujących się w AI, przez koordynatora wizyt studyjnych. Komunikat powinien zawierać informacje o finansowaniu wizyt oraz zachęcać do zbadania możliwości przyjęcia grupy studenckiej przez współpracujące ośrodki naukowe, organizacje lub firmy. Warto, aby rozważane jednostki i firmy wyróżniały się wysoką jakością prowadzonych badań w co najmniej jednym obszarze AI lub aplikacji. Szczególny nacisk zaleca się kłaść na możliwość odwiedzenia placówek zagranicznych.

Następnie zalecane jest, aby koordynator merytoryczny ustalał z wizytowanymi podmiotami daty i plany wizyt. Zadaniem uczelni powinno być wybranie opiekuna wyjazdu spośród pracowników lub doktorantów. Dobór grupy studentów powinien być realizowany przez opiekuna wyjazdu, uwzględniając ich zainteresowania i projekty naukowo-wdrożeniowe. Liczba studentów w grupie nie powinna przekraczać 8 osób.

Po zgrupowaniu studentów powinni oni oraz opiekun uzyskać formalne zaproszenie od firmy lub jednostki naukowej. Następnie powinny zostać złożone wnioski o wyjazd służbowy dla wszystkich uczestników wizyty. Należy zadbać o załatwienie formalności związanych z zakupem biletów i wypłatą diet dla uczestników wizyty.

Mimo, iż zaleca się, aby wizyta studyjna miała formę tradycyjną, wizyty zdalne i spotkania w formie hybrydowej powinny być także brane pod uwagę. Dodatkowo, warto zachęcić opiekuna i studentów do prowadzenia relacji z realizowanej wizyty, w celach promocyjnych, w mediach społecznościowych i Internecie, z poszanowaniem uzgodnień z wizytowanym podmiotem i uczelnią.

Po wizycie studyjnej, opiekun i studenci powinni dostarczyć raporty z przebiegu wizyty, zawierające opis zdobytych doświadczeń oraz obserwacji dotyczących trendów i metod pracy w odwiedzanej firmie. Koordynator merytoryczny powinien oceniać każdą realizowaną wizytę i raport z niej, wykorzystując te doświadczenia do dalszego udoskonalania procesu realizacji wizyt studyjnych.

## Udział w konferencjach

Zaleca się wprowadzenie szczegółowej procedury aktywnego udziału studentów w konferencjach naukowych. Lista potencjalnie interesujących konferencji z zakresu AI jest tworzona przez tzw. koordynatora ds. konferencji, w oparciu o doświadczenia własne, jak i doświadczenia innych pracowników i doktorantów uczelni. Osoba koordynatora ds. konferencji odpowiada także za planowanie i nadzorowanie udziału grup studentów w konferencjach naukowych, oraz za utrzymanie odpowiedniego standardu tych wyjazdów oraz skuteczną komunikację pomiędzy uczestnikami a uniwersytetem.

Każdy student, we współpracy ze swoim tutorem lub mentorem, miałby za zadanie wybrać co najmniej dwie konferencje, które byłyby następnie zatwierdzone przez koordynatora merytorycznego. Rozważane mogą być konferencje realizowane zarówno stacjonarnie, jak i zdalnie, przy czym zaleca się położyć nacisk na te realizowane stacjonarnie. Student powinien mieć dodatkowo możliwość zaproponowania udziału w konferencji spoza listy, jednak zgoda na taki udział musi zostać udzielona przez tutora lub mentora w oparciu o przedłożone przez studenta uzasadnienie takiego wyboru.

W przypadku konferencji stacjonarnych powinno się zaplanować utworzenie grupy studentów pod nadzorem opiekuna wyjazdu, wyznaczonego przez koordynatora ds. konferencji. Po skompletowaniu listy uczestników wyjazdu, należy zorganizować proces realizacji formalności związanych z udziałem w konferencji, który powinien obejmować złożenie wniosków o wyjazd służbowy, rejestrację na konferencję, zakup biletów lotniczych i wszelkie dodatkowe formalności związane z konkretnym wyjazdem.

Studentom, uczestniczącym w konferencji, należy zasugerować umiejętne wykorzystanie czasu na konferencji, w tym uczestnictwo w sesjach, referatach i warsztatach sugerowanych przez opiekuna. Po zakończeniu konferencji studenci powinni zostać zobowiązani do przygotowania i dostarczenia koordynatorowi merytorycznemu raportu, który zawierałby krótki opis najbardziej interesujących prezentacji naukowych, a także ich własne podsumowania i wnioski.

Udział studentów w konferencjach ma na celu przede wszystkim pomoc w rozwoju umiejętności prezentacji swoich badań, dyskusji na tematy naukowe oraz efektywnego korzystania z języka angielskiego. Takie doświadczenie może w istotny sposób przyczynić się do wszechstronnego rozwoju każdego studenta.

## Współpraca krajowa, w tym ze środowiskiem biznesowym

Współpraca krajowa ma na celu nawiązanie, rozszerzenie oraz wzmocnienie współpracy oraz wymianę doświadczeń, a także transfer wiedzy. Ideą współpracy jest twórcze zintegrowanie środowisk akademickich i biznesowych. Ułatwia to nie tylko organizację staży i wizyt studyjnych w renomowanych firmach, ale również umożliwia wprowadzenie, w ramach programu studiów, zajęć z udziałem praktyków i wykładowców z przemysłu. Rekomendujemy organizację cyklicznych wykładów, spotkań i warsztatów z udziałem przedstawicieli firm technologicznych, w tym w ramach szkół letnich. Daje to studentom kolejną możliwość poznania najnowszych trendów i rozwiązań stosowanych w praktyce, a biznesowi możliwość prezentacji ścieżek kariery oraz wymagań stawianych przyszłym pracownikom.

## Współpraca międzynarodowa

Rekomendujemy, aby studia były realizowane we współpracy międzynarodowej, z położeniem nacisku na rozwijanie międzynarodowych relacji naukowych i umożliwienie studentom zdobywania umiejętności pozwalających na pracę w zglobalizowanym świecie technologii. Studenci mają wówczas możliwość współpracy zarówno z naukowcami jak i praktykami z całego świata.

Uczelnia powinna zadbać o nawiązanie i wzmocnienie współpracy międzynarodowej, włączając w to pozyskanie naukowców. Należy kłaść nacisk na to, by przewidziane w planie wizyty studyjne, staże oraz udział konferencjach czy szkołach letnich, realizowane były w środowisku międzynarodowym, zarówno w krajach w UE, jak i w krajach spoza UE. Zabiegi te mają służyć rozwinięciu umiejętności akademickich studentów kierunku, ale pozwolą też na zdobycie praktycznego doświadczenia w budowaniu międzynarodowych sieci kontaktów zawodowych i naukowych.

## Projekty informatyczne

Projekty informatyczne są kluczowym elementem programu studiów na kierunku *Sztuczna inteligencja*. Rekomendujemy, aby były one realizowane przez zespoły składające się z 2 do 5 studentów pod kierunkiem opiekuna projektu (wyznaczonego naukowca lub specjalisty z otoczenia biznesowego). Każdy projekt powinien skupiać się na rozwoju, badaniu lub implementacji aspektu sztucznej inteligencji, zgodnie z wymaganiami i celami opisanymi poniżej.

**Procedura realizacji projektów informatycznych**

Przed rozpoczęciem drugiego semestru, koordynator merytoryczny tworzy katalog potencjalnych tematów projektów. Tematy te są generowane poprzez konsultacje z wykładowcami, ekspertami z branży i ostatecznie z potencjalnymi opiekunami projektów. Zakłada się, że każdy projekt powinien przyczynić się do rozwijania konkretnej umiejętności lub wiedzy w obszarze sztucznej inteligencji. Opiekun może też zasugerować swój własny pomysł na temat związany z jego badaniami.

Studenci wybierają swoje preferowane tematy projektów i tworzą zespoły. Koordynator merytoryczny monitoruje proces formowania grup, dbając o to, by każdy student był przypisany do co najmniej jednego projektu. W przypadku dużego zainteresowania jednym tematem, koordynator merytoryczny przeprowadza proces selekcji biorąc pod uwagę takie czynniki, jak zdolności i umiejętności studentów oraz obłożenie opiekunów projektów o podobnej tematyce. Ostateczny skład grup oraz tematy projektów zostają zatwierdzone i ustalone przed rozpoczęciem drugiego semestru.

Zespoły projektowe pracują nad swoimi projektami pod opieką wyznaczonych opiekunów. Projekty informatyczne są integralną częścią programu studiów i są realizowane jako przedmiot na drugim i trzecim semestrze. W ciągu obu semestrów, opiekun projektu ma za zadanie aktywnie nadzorować postęp prac, kieruje konsultacjami i dba o terminowość realizacji zadań.

Wymagane jest, aby każdy student poświęcił na prace zespołowe i własną pracę nad projektem co najmniej 45 godzin w semestrze (konsultacje z opiekunem, praca własna i zespołowa).

Po zakończeniu każdego semestru, opiekun projektu ocenia stan realizacji projektu, określa ocenę dla każdego członka grupy i przekazuje te informacje do koordynatora merytorycznego. Po zakończeniu prac nad projektem zespoły tworzą raport końcowy i za pośrednictwem opiekuna projektu, przekazują go do koordynatora merytorycznego. Ten może przedstawić pytania lub zgłosić poprawki, na które zespół musi odpowiednio zareagować. Ostatecznie koordynator merytoryczny, przy wsparciu opiekuna projektu, dokonuje ostatecznej oceny projektu i podejmuje decyzję o akceptacji jego wykonania.

## Tutoring

Tutoring to zorganizowana zindywidualizowana praca, szczególnie z wybitnymi i zmagającymi się z trudnościami studentami (1:1, w małych grupach, rzadziej w większych grupach) w ramach programów/zajęć na uczelni (lub online), uwzględniająca różnorodność doświadczeń studentów, dyscyplin, umiejętności akademickich, specjalizacji, potrzeb, oczekiwań itp. i umożliwiająca studentom osiągnięcie celów akademickich i rozwojowych (definicja MNiSW na potrzeby projektu *Mistrzowie dydaktyki*).

Wśród celów prowadzenia tutoringu w uczelni wyższej za główny należy uznać przestawienie studenta z pasywnego na aktywnego odbiorcę usługi edukacyjnej, co prowadzi do zwiększenia efektów kształcenia oraz może przeciwdziałać zjawisku przedwczesnego opuszczania systemu kształcenia (rezygnacja ze studiów w trakcie ich trwania, tzw. zjawisko *drop-out* - <https://radon.nauka.gov.pl/analizy/dropout,> dostęp z dnia 27.10.2023). Tutoring może także ułatwić funkcjonowanie studentom z zagranicy, którzy muszą odnaleźć się w nowym dla nich środowisku.

Uczelniom, które mają odpowiednie możliwości kadrowe i finansowe, rekomenduje się objęcie tutoringiem wszystkich studentów. W przypadku braku takich możliwości wsparciem tego typu należy objąć przede wszystkim studentów, którzy wyrażą chęć przystąpienia do programu tutoringowego, zwłaszcza wybitnie uzdolnionych oraz zmagających się z trudnościami (w tym niepełnosprawnością).

**Rekomendacje odnośnie organizacji tutoringu**

Tutoring należy traktować szeroko jako holistyczne wskazówki udzielane studentom przez pracowników akademickich w sprawach akademickich i osobistych, w tym informacji na temat procesów występujących w szkolnictwie wyższym, procedur i oczekiwań, informacji zwrotnych i rozwoju akademickiego oraz wsparcia opieki społecznej (Grey & Osborne, 2018) - jest to istotne, gdyż brak zainteresowania przedmiotem studiów oraz problemy osobiste są głównymi czynnikami indywidualnymi zdiagnozowanymi jako przyczyny rezygnacji ze studiów przed uzyskaniem dyplomu <https://radon.nauka.gov.pl/analizy/dropout,> dostęp z dnia 27.10.2023).

W kontekście studiów na kierunku *Sztuczna inteligencja* do głównych zadań tutora związanych z rozwojem akademickim studenta należy sugerowanie przedmiotów obieralnych, lektur uzupełniających, konsultowanie tematyki projektu, pomoc w wyborze miejsca praktyki, miejsca stażu, wizyty studyjnej, tematyki publikacji, konferencji oraz inne konsultacje dotyczące naukowego i osobistego rozwoju studenta, w tym w zakresie możliwości wsparcia socjalnego i wsparcia rozwoju osobistego ze strony uczelni.

Student powinien mieć możliwość wyboru tutora - spośród osób wskazanych przez uczelnię lub także osób z zewnątrz, w tym dowolnie wskazanych przez studenta, zależnie od ustaleń wewnętrznych uczelni.

Student powinien mieć możliwość skorzystania z przynajmniej jednej godziny tutoringu w miesiącach październik-czerwiec, zgodnie z harmonogramem spotkań ustalonym z tutorem. Po każdym spotkaniu student powinien sporządzić krótką notatkę z tego spotkania i przesłać ją tutorowi – służy to podkreśleniu odpowiedzialności studenta za proces tutoringu oraz pozwala obu stronom tego procesu (tutorowi i studentowi) kontrolować spójność przekazu. Tutoring powinien podlegać ewaluacji (na przykład za pomocą ankiety na koniec każdego semestru).

**Rekomendacje odnośnie tutorów**

Tutorem powinien być nauczyciel akademicki lub inna osoba posiadająca wiedzę i doświadczenie związane z procesem kształcenia ekspertów z dziedziny uczenia maszynowego, która sprawnie komunikuje się, w szczególności ma umiejętność słuchania, zadawania pytań i aktywnego wyjaśniania.

Tutor powinien zostać przeszkolony w zakresie zadań oraz metod tutoringu, a także zakresu wsparcia socjalnego i wsparcia rozwoju osobistego studenta oferowanego przez uczelnię. Tutor nie powinien mieć pod opieką więcej niż 5 studentów jednocześnie. Uczelnia powinna jasno sformułować zasady rozliczania pracy tutorów, w tym także zasady wynagradzania za tę pracę.

Wskazówki odnośnie realizacji procesu tutoringu w szkole wyższej uczelnie mogą znaleźć w publikacji J. Brdulak, J. Gotlib, R. Koziołek, J. Uriasz: *Model tutoringu* (2019) powstałej w ramach projektu MNiSW *Mistrzowie dydaktyki*

(<https://www.gov.pl/attachment/8fd3a897-d990-4034-b216-b0f669d1e102,> dostęp z dnia 27.10.2023).

Jeśli możliwości uczelni na to pozwalają, studentom można również oferować wzięcie udziału w programie mentoringowym, który jest nastawiony na odkrywanie cech wewnętrznych, indywidualnych predyspozycji i celów życiowych studentów (Dr. Beverly J. Irby (2018) *Editor’s Overview: Differences and Similarities with Mentoring, Tutoring, and Coaching*, Mentoring & Tutoring: Partnership in Learning, 26:2, 115-121,

<https://doi.org/10.1080/13611267.2018.1489237,> dostęp z dnia 27.10.2023).

# Materiały dydaktyczne

Rekomendujemy, aby studia były prowadzone w oparciu o rzetelnie przygotowane i nowoczesne materiały dydaktyczne, zarówno pod względem treści, jak i formy. Warto ustalić sugerowany wzorzec materiałów i dbać o ich jednolitą postać. Kluczowa jest jednak weryfikacja merytoryczna, dlatego materiały dydaktyczne powinny być przygotowywane zespołowo. Dobrą praktyką jest powołanie zespołu koordynacyjnego i przygotowanie procedury zapewnienia jakości i poprawności merytorycznej materiałów dydaktycznych.

Sugerujemy, aby materiały do wykładów miały nowoczesną i atrakcyjną dla studentów formę. Rekomendujemy szerokie wykorzystanie materiałów interaktywnych typu interaktywne notatniki, wykłady angażujące uczestnika oraz wszelkie formy wspierające samodzielną pracę studenta np.. Formy zadaniowe, projektowe lub warsztatowe. Dzięki wykorzystaniu materiałów interaktywnych (np. zapisanych w formacie Jupyter Notebook) student w trakcie nauki może uruchamiać (w obrębie tych materiałów) kod wykonywalny ilustrujący omawiane zagadnienie teoretyczne lub praktyczne. Rozwiązanie takie jest przydatne w trakcie nauki przedmiotów informatycznych, w szczególności przedmiotów wprowadzających i wykorzystujących metody uczenia maszynowego. Tego typu materiały uzupełniają zajęcia tradycyjne. Pozwalają one eksperymentować z kodem w języku programowania wybranym przez prowadzącego. Dodatkową zaletą jest możliwość korzystania z materiałów w tym formacie poza salą zajęciową - student w jednym miejscu ma zebrane opracowanie merytoryczne danego zagadnienia oraz narzędzie do samodzielnych ćwiczeń.

# Dodatkowe rekomendacje

## Wykładowy język angielski

Proponowany model kształcenia warto rozszerzyć przez zmianę dla części (lub wszystkich) przedmiotów języka wykładowego na język angielski. Większa liczba przedmiotów prowadzonych w języku angielskim ułatwi absolwentom wzorcowego kierunku późniejsze samodoskonalenie i zrozumienie najświeższych wyników badań w zakresie sztucznej inteligencji. Dodatkowo, propozycja taka otworzy prowadzone studia zarówno na kandydatów zagranicznych jak i ułatwi rekrutację kadry spośród ekspertów w danej dziedzinie.

## Studia 4-semestralne

Opisany powyżej kierunek obejmuje trzy semestry i takie studia oferowały wszystkie uczelnie biorące udział w projekcie *AI TECH* w dziedzinie sztucznej inteligencji. W przypadku planowania studiów trwających cztery semestry, proponujemy następujące zmiany:

**Wariant 1 (semestr wstępny, pozwalający uzupełnić niezbędne kwalifikacje inżynierskie)**

Pierwszy semestr zostanie poświęcony zdobywaniu wiedzy specjalistycznej oraz/lub uzupełnianiu ewentualnych braków programowych przez studentów pochodzących z pokrewnych kierunków. Celem głównym tego semestru jest umożliwienie studentom zdobycia niezbędnej wiedzy w danej dziedzinie (np. biomedycyna, bioinformatyka, automatyka, prawo itp.), zakładając, że ta wiedza będzie mogła być wykorzystana w ramach kierunku *Sztuczna inteligencja* do konkretnych dziedzinowych zastosowań (na przykład wykorzystanie technik sztucznej inteligencji w obrazowaniu medycznym). W przypadku studentów pochodzących z pokrewnych kierunków, semestr ten może być przeznaczony na wypełnienie ewentualnych różnic programowych oraz na dalszą specjalizację w danej dziedzinie. Takie podejście otwiera kierunek na potencjalnych studentów o profilu technicznym, którzy dysponują specjalistyczną wiedzą zdobytą na innych kierunkach oraz daje możliwość tworzenia kierunków specjalizujących się w zastosowaniach sztucznej inteligencji w określonych dziedzinach. Wariant ten warto rozważyć przy jednoczesnym prowadzeniu studiów trzysemestralnych.

**Wariant 2 (semestr rozszerzający na przykładzie dla kierunku “AI w Medycynie”)**

Wariant ten zakłada dodanie semestru, którego celem będzie utworzenie trwałego i wszechstronnego fundamentu teoretycznego w dziedzinie sztucznej inteligencji, wykraczającego znacząco poza wcześniej omawiane zagadnienia teoretyczne. W ramach tego procesu studenci będą mieli okazję do analizy zaawansowanych koncepcji i teorii związanych ze sztuczną inteligencją oraz do rozwijania umiejętności krytycznego myślenia w tej dziedzinie. W ramach tego semestru studenci otrzymają dogłębną wiedzę teoretyczną, która pozwoli im na znacznie bardziej zaawansowane zrozumienie istoty sztucznej inteligencji. Ponadto, zyskają możliwość zgłębienia praktycznych implikacji wynikających z tych teoretycznych podstaw, z którymi mieli do czynienia w trakcie swojej edukacji.

# Podsumowanie

Niniejsze opracowanie opisuje rekomendacje dla modelu systemowego kształcenia na kierunku *Sztuczna inteligencja*. Powstało on jako efekt analizy materiałów zgromadzonych podczas realizacji zajęć w pilotażowych cyklach kształcenia w ramach projektu *AI Tech*. Poza założeniami programowymi przygotowanymi przez Radę Programową tego projektu wzięto pod uwagę doświadczenia Politechniki Gdańskiej, Politechniki Poznańskiej, Politechniki Wrocławskiej, oraz Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Przedstawiona koncepcja została przygotowana dla 3-semestralnych studiów na kierunku *Sztuczna inteligencja,* warianty dla studiów 4-semestralnych zostały zaproponowane jako dodatkowe rekomendacje. Studia te są przypisane w 100% do dyscypliny *Informatyka techniczna i telekomunikacja* w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, co oznacza, że mogą być prowadzone przez uczelnie mające uprawnienia do prowadzenia studiów na kierunku przypisanym do tej dyscypliny. Studia te można też z powodzeniem przypisać do dyscypliny *Informatyka* w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych.

W koncepcji modelu systemowego kształcenia opisano cele kształcenia na kierunku *Sztuczna inteligencja*, wymagania wstępne stawiane kandydatom na ten kierunek oraz sylwetkę ich absolwenta. W dalszej części opracowania przedstawiono nie tylko rekomendacje, ale również konkretny plan i program studiów składające się z grup przedmiotów obowiązkowych i obieralnych. Opisano też precyzyjne rekomendacje w zakresie treści nauczania, wskazując dodatkowo rekomendowane sylabusy przygotowane przez uczelnie będące partnerami projektu *AI Tech*. Można je wykorzystać, po dostosowaniu do możliwości kadrowych oraz wewnętrznych regulacji obowiązujących na danej uczelni, jako bazę do przygotowania dokumentów niezbędnych przy tworzeniu nowego lub modyfikowaniu istniejącego kierunku studiów.

Należy podkreślić, że przygotowane opracowanie stanowi wyłącznie bazę dla uczelni chcących wprowadzić kierunek *Sztuczna inteligencja* lub taką specjalność na kierunku *Informatyka*. Program każdorazowo powinien zostać dostosowany do wewnętrznych regulacji uczelni. W szczególności może to oznaczać konieczność dostosowania liczby realizowanych godzin oraz punktów ECTS

Istotnym elementem projektu *AI Tech* oraz realizowanych w jego ramach pilotażowych cyklów kształcenia było zastosowanie innowacyjnych form kształcenia. Zebrane doświadczenia posłużyły przygotowaniu w ramach tego dokumentu rekomendacji w tym zakresie. Głównymi celami wprowadzenia tych metod jest nie tylko zwiększenie zaangażowania studentów i szerokie wsparcie ich rozwoju, ale również przeciwdziałanie zjawisku *drop-out*, powszechnemu w przypadku studiów informatycznych. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na wysokie koszty realizacji szerokiego wachlarza innowacyjnych form kształcenia, które pomimo ich niezaprzeczalnych zalet mogą stanowić poważny problem przy realizacji. Istotnym elementem proponowanego modelu jest objęcie jak największej liczby studentów programami tutoringowymi oraz mentoringowymi. Zawarto też rekomendacje w zakresie materiałów dydaktycznych udostępnianych studentom.

Reasumując, przeanalizowane efekty realizacji projektu *AI Tech* są niezwykle cenne dla uczelni, które chciałyby w przyszłości utworzyć kierunek *Sztuczna inteligencja*. Z pewnością można też korzystać z doświadczeń partnerów projektu *AI Tech* oraz tego opracowania przy modyfikacji istniejących kierunków, np. przy tworzeniu specjalności związanych ze sztuczną inteligencją.

# Spis aneksów i załączników

1. **Załącznik nr 1.** *AI – AI TECH – Rekomendowany plan studiów.xlsx* – rekomendowany plan studiów 3 semestralnych.
2. **Załącznik nr 2**. *AI – AI TECH – Rekomendowany program studiów.docx* – rekomendowany program studiów 3 semestralnych
3. **Załącznik nr 3.** *AI – AI TECH – Sylabusy –* rekomendowane sylabusy przedmiotów (w folderze)