



Załącznik nr 1
do Uchwały Nr 66/2019
Prezydium Polskiej Komisji Akredytacyjnej
z dnia 28 lutego 2019 r. z późn. zm.



Ocena programowa Profil ogólnoakademicki **Raport Samooceny**

Nazwa i siedziba uczelni prowadzącej oceniany kierunek studiów:

Politechnika Warszawska

**Wydział Matematyki i Nauk
Informacyjnych**



- Nazwa ocenianego kierunku studiów: **INŻYNIERIA I ANALIZA DANYCH**
1. Poziomy studiów: **studia pierwszego i drugiego stopnia**
 2. Forma studiów: **studia stacjonarne**
 3. Nazwa dyscypliny, do której został przyporządkowany kierunek
Informatyka techniczna i telekomunikacja

W przypadku przyporządkowania kierunku studiów do więcej niż 1 dyscypliny: **NIE DOTYCZY**

Efekty uczenia się zakładane dla ocenianego kierunku, poziomu i profilu studiów

Efekty uczenia się dla studiów pierwszego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych – Załącznik nr 58 do Uchwały nr 385/XLIX/2019 Senatu politechniki Warszawskiej z dnia 18 września 2019 r.

Efekty uczenia się dla studiów drugiego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych – Załącznik nr 59 do Uchwały nr 385/XLIX/2019 Senatu politechniki Warszawskiej z dnia 18 września 2019 r.

Skład zespołu przygotowującego raport samooceny

Imię i nazwisko	Tytuł lub stopień naukowy/stanowisko/funkcja pełniona w uczelni
Wojciech Domitrz	dr hab. inż. / prof. uczelni (bad.-dyd.) / dziekan
Krzysztof Kaczmarek	dr inż. / adiunkt (bad.-dyd.) / prodziekan ds. nauczania
Bogusława Karpińska	dr hab. / prof. uczeni (bad.-dyd.) / prodziekan ds. studenckich
Janina Kotus	prof. dr hab. / profesor (bad.-dyd.) / prodziekan ds. nauki
Przemysław Biecek	dr hab. inż. / prof. uczeni (bad.-dyd.) / prodziekan ds. rozwoju
Maciej Grzenda	dr hab. inż. / prof. uczelni (bad.-dyd.) / Przewodniczący Komisji Programowej dla Kierunku Inżynieria i Analiza Danych
Anna Cena	dr / Pełnomocnik Dziekana ds. Kierunku Inżynieria i Analiza Danych
Łukasz Błaszczak	dr inż. / Pełnomocnik Dziekana ds. praktyk studenckich
Magdalena Bogucka	prac. adm. – pracownik niebędący nauczycielem akademickim
Jakub Jung	Przewodniczący Wydziałowej Rady Studentów

Spis treści

Efekty uczenia się zakładane dla ocenianego kierunku, poziomu i profilu studiów	2
Skład zespołu przygotowującego raport samooceny	2
Prezentacja uczelni	7
Część I. Samoocena uczelni w zakresie spełniania szczegółowych kryteriów oceny programowej na kierunku studiów o profilu ogólnoakademickim	9
Kryterium 1. Konstrukcja programu studiów: koncepcja, cele kształcenia i efekty uczenia się	9
1.1. Koncepcja kształcenia	9
1.1.1. Związek z misją i strategią Politechniki Warszawskiej i Wydziału	9
1.1.2. Kluczowe aspekty koncepcji kształcenia na kierunku IAD	10
1.1.3. Oczekiwania wobec kandydatów	13
1.1.4. Sylwetki absolwentów poszczególnych studiów pierwszego i drugiego stopnia	14
1.1.5. Zgodność koncepcji kształcenia z potrzebami otoczenia społeczno-gospodarczego oraz rynku pracy	15
1.1.6. Uczestnictwo interesariuszy w procesie kształtowania koncepcji kształcenia	16
1.1.6.1. Uczestnictwo wewnętrznych interesariuszy	16
1.1.6.2. Uczestnictwo zewnętrznych interesariuszy	17
1.1.7. Cechy wyróżniające kierunek Inżynieria i Analiza Danych	19
1.2. Badania naukowe w dziedzinie nauki związane z kierunkiem studiów	22
1.2.1 Związek kształcenia z prowadzoną w uczelni działalnością naukową, w tym głównymi kierunkami działalności naukowej związanej z kierunkiem	22
1.2.2. Najważniejsze osiągnięcia naukowe Wydziału będące wynikiem badań prowadzonych w jednostce związanych z kierunkiem studiów Inżynieria i Analiza Danych	33
1.2.2.1 Kategoria naukowa i publikacje	33
1.2.2.2 Granty	34
1.2.2.3 Nagrody	36
1.2.2.4 Awanse naukowe	36
1.2.3 Sposób wykorzystania wyników działalności naukowej w opracowaniu, realizacji i doskonaleniu programu studiów	36
1.3 Efekty uczenia się	38
1.3.1 Kluczowe efekty uczenia się	38
1.3.2 Efekty uczenia się prowadzące do uzyskania kompetencji inżynierskich	42
1.3.2.1 Studia pierwszego stopnia	42
1.3.2.1 Studia drugiego stopnia	44
1.3.3 Spełnienie wymagań zawartych w standardach kształcenia	46
Kryterium 2. Realizacja programu studiów: treści programowe, harmonogram realizacji programu studiów oraz formy i organizacja zajęć, metody kształcenia, praktyki zawodowe, organizacja procesu nauczania i uczenia się	47
2.1. Kluczowe treści kształcenia	47
2.2. Metody kształcenia	53
2.3. Kształcenie na odległość	54
2.4. Dostosowanie procesu uczenia się do zróżnicowanych potrzeb	55
2.5. Możliwość realizowania indywidualnych ścieżek kształcenia	56
2.6. Harmonogram realizacji studiów	56
2.7. Języki obce	58
2.8. Formy zajęć i liczebność grup studenckich	58
2.9. Program i organizacja praktyk	59
2.10. Kształcenie prowadzące do uzyskania kompetencji inżynierskich	60
Kryterium 3. Przyjęcie na studia, weryfikacja osiągnięcia przez studentów efektów uczenia się, zaliczanie poszczególnych semestrów i lat oraz dyplomowanie	61
3.1. Przyjęcie na studia	61

3.2. Rekrutacja na studia pierwszego stopnia	61
3.3. Rekrutacja na studia drugiego stopnia	62
3.4. Rekrutacja obcokrajowców	64
3.5. Zasady uznawania efektów uczenia się	65
3.6. Zasady uznawania efektów uczenia się uzyskanych poza systemem studiów	65
3.7. Zasady dyplomowania	66
3.8. Monitorowanie i ocena postępów studentów	68
3.9. Zasady sprawdzania i oceniania stopnia osiągnięcia efektów uczenia się	68
3.10. Metody sprawdzania i oceniania efektów uczenia się	69
3.11. Metody sprawdzania efektów uczenia się prowadzących do uzyskania kompetencji inżynierskich	70
3.12. Rodzaje, tematyka i metodyka prac etapowych i egzaminacyjnych oraz projektów	72
3.13. Rodzaje, tematyka i metodyka prac dyplomowych	73
3.14. Dokumentowanie efektów uczenia się osiągniętych przez studentów	75
3.15. Monitoring losów absolwentów	75
Kryterium 4. Kompetencje, doświadczenie, kwalifikacje i liczebność kadry prowadzącej kształcenie oraz rozwój i doskonalenie kadry	77
4.1. Kwalifikacje i dorobek kadry	77
4.2. Obsada zajęć dydaktycznych	82
4.3. Łączenie działalności badawczej i dydaktycznej	82
4.4. Polityka kadrowa	85
4.5. System wspierania rozwoju i podnoszenia kompetencji kadry	86
Kryterium 5. Infrastruktura i zasoby edukacyjne wykorzystywane w realizacji programu studiów oraz ich doskonalenie	89
5.1. Baza lokalowa	89
5.2. Infrastruktura komputerowa	90
5.3. Monitorowanie i doskonalenie infrastruktury informatycznej	90
5.4. Platforma komunikacyjno-informacyjna oraz pracy zdalnej	91
5.5. Udogodnienia dla studentów	92
5.6. Studenci z niepełnosprawnościami	93
5.7. System biblioteczno-informacyjny uczelni	93
Kryterium 6. Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym w konstruowaniu, realizacji i doskonaleniu programu studiów oraz jej wpływ na rozwój kierunku	94
6.1. Formy współpracy z instytucjami otoczenia społeczno-gospodarczego	94
6.2. Monitorowanie i doskonalenie współpracy	97
Kryterium 7. Warunki i sposoby podnoszenia stopnia umiędzynarodowienia procesu kształcenia na kierunku	99
7.1 Rola umiędzynarodowienia procesu kształcenia	99
7.2 Aspekty programu studiów sprzyjające umiędzynarodowieniu kształcenia	100
7.3 Stopień przygotowania studentów do uczenia się w językach obcych i sposoby weryfikacji osiągnięcia przez studentów wymaganych kompetencji językowych	101
7.4 Skala i zasięg mobilności i wymiany międzynarodowej studentów i kadry	102
7.5 Udział wykładowców z zagranicy w prowadzeniu zajęć na ocenianym kierunku	103
7.6 Monitorowanie i ocena umiędzynarodowienia procesu kształcenia	106
Kryterium 8. Wsparcie studentów w uczeniu się, rozwoju społecznym, naukowym lub zawodowym i wejściu na rynek pracy oraz rozwój i doskonalenie form wsparcia	107
8.1. Systemy wspierania różnych grup studentów, w tym studentów z niepełnosprawnością	107
8.2. Zakres i formy wspierania studentów w procesie uczenia się	107
8.3. Formy wspierania mobilności studentów, prowadzenia działalności naukowej i wspierania we wchodzeniu na rynek pracy	108
8.4. System motywowania studentów do osiągnięcia lepszych wyników w nauce oraz działalności naukowej	111

8.5. Sposoby informowania studentów o systemie wsparcia	111
8.6. Rozstrzyganie skarg i rozpatrywanie wniosków zgłoszonych przez studentów	112
8.7. Zakres, poziom i skuteczność systemu obsługi administracyjnej studentów, w tym kwalifikacje kadry wspierającej proces kształcenia	112
8.8. Działania dotyczące bezpieczeństwa studentów oraz przeciwdziałanie dyskryminacji i przemocy	113
8.9. Współpraca z samorządem studentów i organizacjami studenckimi	113
8.10. Monitorowanie, ocena i doskonalenie systemu wsparcia	113
Kryterium 9. Publiczny dostęp do informacji o programie studiów, warunkach jego realizacji i osiągniętych rezultatach	115
9.1. Informacje dla kandydatów na studia	115
9.2. Dostęp do informacji dla studentów	115
9.3. Kanały komunikacji z interesariuszami zewnętrznymi	116
Kryterium 10. Polityka jakości, projektowanie, zatwierdzanie, monitorowanie, przegląd i doskonalenie programu studiów	117
10.1. Polityka jakości	117
10.2. Projektowanie, zmiany i zatwierdzanie programu studiów	117
10.3. Monitorowanie programu i jakości procesu kształcenia	118
10.4. Ocenianie osiągnięcia efektów uczenia się	119
10.5. Wpływ interesariuszy wewnętrznych i zewnętrznych na doskonalenie i realizację programu studiów	120
10.6. Wykorzystanie informacji dotyczących jakości kształcenia	120
Część II. Perspektywy rozwoju kierunku studiów	121
Część III. Załączniki	122

Prezentacja uczelni

Politechnika Warszawska jest publiczną autonomiczną akademicką szkołą wyższą mającą osobowość prawną. Tradycja Uczelni sięga 1826 roku. Od 1915 roku Uczelnia działa pod obecną nazwą — Politechnika Warszawska. Podstawą prawną działania Uczelni jest *Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz Statut*. Politechnika Warszawska nadaje tytuły zawodowe magistra inżyniera, magistra inżyniera architekta, magistra, inżyniera, inżyniera architekta oraz licencjata w zakresie prowadzonych kierunków studiów, nadaje stopnie naukowe doktora i doktora habilitowanego. Politechnika Warszawska znajduje się w wykazie Europejskiej Federacji Narodowych Stowarzyszeń Inżynierskich – FEANI INDEX.

Konsorcjum ENHANCE składa się z 7 czołowych europejskich uczelni technicznych: Politechniki w Berlinie, RWTH w Aachen, Uniwersytetu Technicznego Chalmersa w Göteborgu, Norweskiego Uniwersytetu Naukowo-Technicznego w Trondheim, Politechniki w Mediolanie, Politechniki w Walencji i Politechniki Warszawskiej. Na uczelniach konsorcjum kształci się łącznie 245 000 studentów. Zatrudniają one ponad 41 300 pracowników. W ciągu ostatnich 5 lat w różnych programach wymiany między uczelniami ENHANCE wzięło udział 4400 pracowników i studentów tych uczelni. Partnerzy uzyskali łącznie ponad 4 050 patentów.

Celem projektu jest systemowa, strukturalna i trwała współpraca między uczelniami konsorcjum, która doprowadzi do wypracowania nowych rozwiązań wykraczających poza dotychczasowe modele współpracy.

Cele szczegółowe, które przyjęły uczelnie ENHANCE, obejmują: wprowadzenie na szeroką skalę innowacyjnych metod kształcenia, ułatwienie studentom wyboru przedmiotów z oferty uczelni partnerskich, stworzenie systemu ułatwiającego mobilność społeczności akademickiej i ograniczenie barier biurokratycznych.

Uczelnie biorące udział w projekcie podejmą współpracę z partnerami stowarzyszonymi – przedsiębiorstwami, urzędami miast, organizacjami studenckimi, sieciami badawczymi, fundacjami i organizacjami non-profit.

Więcej informacji: <https://enhanceuniversity.eu/>

Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej powstał 1 września 1999 roku w wyniku podziału Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej istniejącego od 1975 roku. Tradycja kształcenia studentów na kierunku Matematyka sięga 1966 roku.

Wydział prowadzi studia na czterech następujących kierunkach o profilu ogólnoakademickim:

I. Matematyka (od 1966 r.):

- stacjonarne pierwszego stopnia – licencjackie (6 semestrów)
- stacjonarne drugiego stopnia – magisterskie (4 semestry) na czterech specjalnościach:
 - Statystyka matematyczna i analiza danych (SMAD)
 - Matematyka w ubezpieczeniach i finansach (MUF)
 - Matematyka w naukach technicznych (MNT)
 - Matematyka w cyberbezpieczeństwie (MCB) – specjalność uruchomiona od 2021 roku.

II. Informatyka i Systemy Informacyjne /dawniej Informatyka (od 1988 r.):

- stacjonarne pierwszego stopnia – inżynierskie (7 semestrów) w języku polskim
- stacjonarne pierwszego stopnia – inżynierskie (7 semestrów) w języku angielskim
- stacjonarne drugiego stopnia – magisterskie (3 albo 4 semestry) w języku polskim na dwóch specjalnościach:
 - Metody sztucznej inteligencji (MSI)
 - Projektowanie systemów CAD/CAM (CC)
- stacjonarne studia drugiego stopnia – magisterskie (3 albo 4 semestry) w języku angielskim na specjalności:

- Artificial Intelligence (AI)

III. Inżynieria i Analiza Danych (od 2017 r.):

- stacjonarne studia pierwszego stopnia – inżynierskie (7 semestrów)
- stacjonarne studia drugiego stopnia – magisterskie (3 albo 4 semestry) w języku angielskim.

IV. Matematyka i Analiza Danych (od 2019 r.)

- stacjonarne pierwszego stopnia – licencjackie (6 semestrów)

Ponadto pracownicy Wydziału MiNI są opiekunami naukowymi uczestników Szkoły Doktorskiej w dyscyplinie matematyka oraz w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Prowadzone na Wydziale kierunki studiów pierwszego stopnia przyciągają na Politechnikę Warszawską najlepszych kandydatów. Uruchomiony w roku 2017 kierunek Inżynieria i Analiza Danych corocznie znajduje się wśród kierunków o najwyższych progach punktowych spośród wszystkich kierunków oferowanych przez uczelnię.

Wydział MiNI posiada kategorię A w ocenie parametrycznej jednostek naukowych za lata 2013–2016. Pracownicy Wydziału MiNI prowadzą badania naukowe w czterech dyscyplinach naukowych: matematyka, informatyka techniczna i telekomunikacja, inżynieria biomedyczna oraz automatyka, elektronika i elektrotechnika.

Wydział MiNI zatrudnia 153 nauczycieli akademickich, w tym 72 na stanowiskach badawczo-dydaktycznych, 3 na stanowiskach badawczych i 78 na stanowiskach dydaktycznych. Na stanowiskach badawczo-dydaktycznych oraz badawczych pracuje: 17 profesorów z tytułem naukowym, 17 doktorów habilitowanych (w tym 15 na stanowisku profesora uczelni), 31 doktorów i 10 magistrów. Wydział MiNI odpowiada za prowadzenie zajęć z przedmiotów matematycznych na 17 wydziałach Politechniki Warszawskiej.

Wydział intensywnie współpracuje z otoczeniem społeczno-gospodarczym, w tym w ramach Ośrodka Badań dla Biznesu, a także realizuje liczne projekty krajowe i międzynarodowe finansowane przez NCN, NCBiR, FNP i EU.

Wydział dysponuje nowoczesnym, bogato wyposażonym gmachem o całkowitej powierzchni 11100 m² oddanym do użytku w 2012 r.

Część I. Samoocena uczelni w zakresie spełniania szczegółowych kryteriów oceny programowej na kierunku studiów o profilu ogólnoakademickim

Kryterium 1. Konstrukcja programu studiów: koncepcja, cele kształcenia i efekty uczenia się

1.1. Koncepcja kształcenia

1.1.1. Związek z misją i strategią Politechniki Warszawskiej i Wydziału

„Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych, jako jednostka uniwersytetu badawczego, musi troszczyć się o harmonię i synergię prowadzonych na Wydziale badań naukowych oraz oferty dydaktycznej. Oferta ta, jak i cały proces kształcenia powinien być nieustannie aktualizowany i kształtowany poprzez nowe zdobycze nauki i trendy rozwojowe. (...) Proces kształcenia musi także uwzględniać uwarunkowania ekonomiczne oraz potrzeby społeczne i gospodarcze.”

Strategia rozwoju Wydziału MiNI

„Politechnika Warszawska podąża szlakiem myśli Stanisława Staszica, starając się w równym stopniu kształcić umysł, co kształtować postawy członków całej swojej społeczności. Prowadzone na Uczelni badania oraz nauczanie podejmowane są zawsze w zamiarze tworzenia nowych, użytecznych społecznie wartości. Odnosi się to zarówno do materialnych efektów działalności, norm współdziałania, jak i osobistych cech wszystkich osób z nią związanych. Efekty działalności naukowej i dydaktycznej Politechniki Warszawskiej są propagowane w otoczeniu. Myśl tworzona na Uczelni służyć ma wewnątrz i na zewnątrz, z poszanowaniem praw autorów, ale i z otwartością na potrzeby społeczeństwa. Politechnika Warszawska, nie zapominając o chlubnej przeszłości i tradycji, jako swoją misję postrzega kreatywny udział w kształtowaniu przyszłości – poprzez badania, tworzące nową wiedzę i technologie przyszłości i poprzez kształtowanie następnych pokoleń. Działając w poczuciu społecznej odpowiedzialności zamierzamy koncentrować badania na sferach związanych z największymi wyzwaniami cywilizacyjnymi, takimi jak zagrożenia klimatyczne, zanieczyszczenie środowiska, wyczerpywanie się surowców nieodnawialnych, choroby cywilizacyjne, zagrożenia epidemiologiczne, czy problem starzejącego się społeczeństwa. Priorytety te wpisują się w przyjętą przez kraje ONZ w 2015 roku listę Celów Zrównoważonego Rozwoju 2030. Kształcąc nowe pokolenia chcemy nie tylko dawać wiedzę i umiejętności na najwyższym poziomie, ale przede wszystkim kształtować ludzi światłych, myślących kreatywnie i krytycznie, intelektualnie niezależnych, śmiało głoszących poglądy. Chcemy wyzwać w nich twórczą ciekawość świata i zawodowe pasje, wpajać nawyk stałego kształcenia, budować poczucie społecznej odpowiedzialności i świadomość wpływu na losy świata.”

Misja Politechniki Warszawskiej

Przyjęta przez Wydział koncepcja kształcenia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych (IAD) (ang. Data Science) jest realizacją postanowień zawartych w Misji Politechniki Warszawskiej w zakresie kształcenia wysokiej klasy specjalistów, myślących kreatywnie i krytycznie, z jednoczesnym uwzględnieniem istniejących potrzeb ze strony społeczeństwa. Stanowi także realizację strategicznych celów w obszarze kształcenia sformułowanych:

- w dokumencie „Strategia Rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020”, w szczególności celu „CO K1.2. Dostosowanie kompetencji absolwentów do potrzeb gospodarczych i społecznych oraz kształtowanie tych potrzeb”
- w dokumencie „Strategia Rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2030”, w szczególności celu „Z1.1 Organizacja dydaktyki zgodna z potrzebami uniwersytetu badawczego”.

Koncepcja kształcenia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych wpisuje się jednocześnie w Strategię Wydziału MiNI. Koncepcja ta jest wynikiem dążenia do wykształcenia elitarnego grona specjalistów przetwarzania i analizy danych, którzy odpowiadają na aktualne i przyszłe potrzeby gospodarcze i społeczne. Uruchomienie kształcenia na kierunku IAD jest wyrazem wyrażonego w strategii Wydziału stałego dążenia do dostosowywania oferty kształcenia do tych potrzeb. Kierunek IAD odpowiada na dynamicznie wzrastającą dostępność danych i rozwój metod analizy danych oraz ich roli we

współczesnej nauce oraz gospodarce. Zjawiskom tym towarzyszy brak wystarczającej liczby specjalistów w dziedzinie pozyskiwania, transformacji i analizy danych. Celem koncepcji kształcenia kierunku IAD jest zatem zapewnienie dogłębnego przygotowania informatycznego z solidnymi podstawami matematycznymi zapewniającymi możliwość wykorzystania i dalszego rozwoju nawet najbardziej zaawansowanych metod i systemów pozyskiwania, transformacji, składowania i analizy danych. Ważnym aspektem kształcenia na kierunku jest również zapewnienie przygotowania do realizacji potrzeb społecznych i gospodarczych poprzez dedykowane dla kierunku przedmioty poświęcone pracy grupowej, w tym pracy w zespołach interdyscyplinarnych i podejmowanie realizacji zadań z wykorzystaniem między innymi technik takich jak Problem-Based Learning.

Bardzo ważnym założeniem kierunku IAD jest również zapewnienie przygotowania absolwentów do podejmowania studiów doktoranckich i pracy naukowej, zgodnie z zadaniami stawianymi przed uczelniami badawczymi. Służy temu m.in. poszerzony w stosunku do klasycznych kierunków informatycznych program nauczania w zakresie m.in. metod uczenia maszynowego, uczenia głębokiego, przetwarzania i analizy danych tekstowych, wielkoskalowych i danych sieci złożonych np. sieci społecznościowych. Tak zdefiniowany program studiów zapewnia tym samym rozległe przygotowanie w zakresie tych obszarów informatyki technicznej, w których prowadzone są szczególnie intensywne badania zarówno przez zespoły naukowe PW, jak i wiele wiodących ośrodków światowych. W przypadku Politechniki Warszawskiej studia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych w sposób szczególny przygotowują do pracy badawczej w ramach dwóch Priorytetowych Obszarów Badawczych PW: *Cyberbezpieczeństwo i analiza Danych* oraz *Sztuczna inteligencja i robotyka*.

1.1.2. Kluczowe aspekty koncepcji kształcenia na kierunku IAD

Koncepcja kształcenia na kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych jest zgodna z przyjętą na Wydziale polityką zapewnienia jakości kształcenia. W szczególności kształcenie na tym kierunku uwzględnia:

- a) potrzeby rynku pracy (czemu służą m.in. regularne konsultacje w gronie pracodawców z różnych sektorów gospodarki i nauki)
- b) zwiększenie stopnia umiędzynarodowienia studiów poprzez m.in. wprowadzenie studiów magisterskich realizowanych wyłącznie w języku angielskim
- c) korzystanie z wzorców i doświadczeń krajowych oraz międzynarodowych, w tym założeń Polskiej Ramy Kwalifikacji
- d) monitoring osiągania założonych efektów uczenia się
- e) zapewnienie możliwości podejmowania przez absolwentów ról wiodących specjalistów Data Science
- f) zapewnienie możliwości podejmowania przez absolwentów rozwoju naukowego, jak również możliwości podejmowania zatrudnienia w wiodących komercyjnych centrach badawczo-rozwojowych.

Inicjatywa opracowania i uruchomienia studiów na kierunku Inżynieria i Analiza Danych stanowiła odpowiedź na odczuwany na krajowym, ale także międzynarodowym rynku pracy wyraźny brak specjalistów w zakresie Data science, artykułowany przez przedstawicieli różnych instytucji publicznych i podmiotów gospodarczych m.in. na forum europejskim np. w ramach konferencji European Data Forum realizowanych pod patronatem Komisji Europejskiej. Z powodu lawinowego wzrostu dostępności danych różnego rodzaju obserwowanego przez instytucje i przedsiębiorstwa, wykształcenie odpowiedniej liczby osób przygotowanych do przetwarzania i analizy danych oraz wydobywania z nich użytecznej wiedzy ma krytyczne znaczenie dla funkcjonowania różnych gałęzi gospodarki i administracji państwa. Realizacja tego zadania została uznana za obowiązek Politechniki Warszawskiej, wynikający także z idei społecznej odpowiedzialności uczelni.

Przyjęta koncepcja tych studiów jest zgodna z misją i wizją rozwoju Politechniki Warszawskiej; elementem tej wizji jest bowiem dążenie do tego, aby Politechnika Warszawska była krajowym liderem

wprowadzania innowacji programowych i metodycznych w procesie kształcenia. Uruchomienie nowego kierunku studiów Data Science przez Politechnikę Warszawską, który poprzez gamę dedykowanych przedmiotów buduje kompetencje związane ze składowaniem i przetwarzaniem danych (studia pierwszego stopnia) oraz ukierunkowane na zaawansowaną analizę danych (studia drugiego stopnia) stanowiło rozwiązanie o charakterze pionierskim w skali kraju i jedno z pierwszych o takim zakresie kształcenia (pierwszy i drugi stopień) w środowisku międzynarodowym.

Studia pierwszego stopnia na kierunku IAD zostały uruchomione od roku akademickiego 2017/2018, a nazwa kierunku (Inżynieria i Analiza Danych) została w kolejnych latach wykorzystana szerzej przez środowisko naukowe w Polsce. W kolejnych latach studia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych zostały uruchomione m.in. przez:

- od roku akademickiego 2019/2020 przez Politechnikę Rzeszowską
- od roku akademickiego 2020/2021 przez Politechnikę Lubelską
- od roku akademickiego 2020/2021 przez Akademię Górniczo-Hutniczą.

Studia pierwszego stopnia realizowane są w języku polskim, co zapewnia ich szeroką dostępność dla kluczowych kandydatów – kandydatów z Polski. Studia drugiego stopnia były prowadzone w języku polskim od roku akademickiego 2018/2019. Studia drugiego stopnia poczynając od roku akademickiego 2020/2021 oferowane są i uruchamiane tylko w języku angielskim, a dzięki dedykowanej ścieżce kształcenia (dodatkowy semestr oferowany dla kandydatów – absolwentów innych kierunków, umożliwiający uzupełnienie efektów uczenia się) zapewniają otwarcie na absolwentów innych kierunków, w tym absolwentów studiów pierwszego stopnia spoza Polski.

Koncepcja kształcenia na kierunku IAD zakłada zbudowanie solidnych podstaw informatycznych na studiach pierwszego stopnia w zakresie m.in. programowania, algorytmów i struktur danych, pozyskiwania, transformacji, składowania i analizy danych, jak również zapewnienie bogatego przygotowania matematycznego skoncentrowanego na obszarach ważnych dla analizy danych (m.in. algebra liniowa, rachunek prawdopodobieństwa, procesy stochastyczne, statystyka matematyczna). Celem kształcenia na pierwszym stopniu jest oprócz zdobycia wysokiego poziomu ogólnej wiedzy informatycznej, umiejętności abstrakcyjnego i precyzyjnego myślenia oraz głębokiego rozumienia poruszanych zagadnień. Studia pierwszego stopnia zapewniają m.in. wiedzę i kompetencje kluczowe dla inżyniera danych (ang. Data engineer). Zarazem studia te poprzez w/w dedykowane przygotowanie matematyczne i analityczne, w tym w zakresie podstaw uczenia maszynowego i metod inteligencji obliczeniowej umożliwiają rozwój zaawansowanych kompetencji w ramach studiów drugiego stopnia.

Studia drugiego stopnia przygotowują studentów do podejmowania roli wiodących ekspertów Data Science. W ramach analizy amerykańskiej i europejskiej oferty edukacyjnej (programów Data Science na kilkunastu uczelniach) stworzono rdzeń kompetencji obejmujący podstawowe umiejętności wspólne dla wszystkich studentów studiów drugiego stopnia kierunku Data Science. Lista kompetencji obejmuje uczenie maszynowe (czemu służą takie przedmioty jak *Advanced Machine Learning*, *Deep Learning*), wyspecjalizowane kompetencje technologiczne (przedmioty *Cloud Computing*, *Big Data Analytics*), różne aspekty eksploracji i analizy danych (przedmioty *Data Exploration and Visualisation*, *Optimization in Data Analysis*, *Big Data Analytics*), zastosowanie uczenia maszynowego i analizy danych w specyficznych, wiodących obszarach takich jak analiza tekstu i sieci społecznościowych (przedmioty *Natural Language Processing*, *Social Networks and Recommendation Systems*) oraz praktyczne zastosowanie zdobytych umiejętności we współpracy z otoczeniem przemysłowo-społecznym (*Data Science Workshop*). Zaproponowany rdzeń pokrywa sumaryczny zbiór kompetencji typowo oferowanych na zagranicznych uczelniach. Dodatkowo, indywidualne zainteresowania studenta mogą być rozwijane w ramach puli przedmiotów obieralnych, pozwalających na pogłębienie wiedzy i rozwój umiejętności zarówno w zakresie zagadnień technologicznych (np. przedmioty zapewniające znajomość programowania w środowisku SAS), metod przetwarzania danych (np. analiza danych multimedialnych), czy też kolejnych obszarów sztucznej inteligencji (np. systemy agentowe).

Przygotowanie studiów drugiego stopnia Data Science realizowanych w języku angielskim stanowiło kluczowy element dopełniający uruchomienie przez Politechnikę Warszawską kompleksowego programu kształcenia w obszarze Data Science składającego się ze studiów pierwszego oraz drugiego stopnia, przynależnego do dyscypliny Informatyka techniczna i telekomunikacja.

Kolejnym ważnym efektem przyjętej koncepcji kształcenia jest zainteresowanie najlepszych absolwentów studiów drugiego stopnia dalszym rozwojem podejmowanym na studiach doktoranckich. Spośród pierwszych osób, które ukończyły program studiów drugiego stopnia w roku 2020, już trzy osoby podjęły studia doktoranckie na Politechnice Warszawskiej.

Angażowanie studentów kierunku Inżynieria i Analiza Danych oraz Data Science w prace naukowo-badawcze następuje już w trakcie studiów pierwszego stopnia. Efektem są m.in. wspólne publikacje studentów i pracowników Wydziału w czasopismach i materiałach konferencyjnych o międzynarodowym zasięgu. W ciągu ostatnich dwóch lat były to m.in. następujące publikacje (nazwiska studentów - współautorów oznaczono pogrubioną czcionką):

- **Baniecki H., Kretowicz W., Wiśniewski J., Piątyśzek P.**, Biecek P., dalex: Responsible Machine Learning with Interactive Explainability and Fairness in Python, Journal of Machine Learning Research, 22(214) (2021), str. 1 – 7, **140 pkt** MNiSW
- **Baniecki H.**, Biecek P., Responsible Prediction Making of COVID-19 Mortality, Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 35(18):15755–15756, 2021
- **Wachulec M.**, Luckner M., Fault detection of jet engine heat sensor, Procedia Computer Science, 192 (2021), str. 844 – 852, mat. Konferencji CORE, **70 pkt** MNiSW
- **Baniecki H.**, Biecek P., modelStudio: Interactive Studio with Explanations for ML Predictive Models, The Journal of Open Source Software 4(43) 1798 (2019)
- Burdukiewicz M, Sidorczuk K, **Rafacz D**, Pietluch F, Chilimoniuk J, Roediger S, Gagat P. Proteomic Screening for Prediction and Design of Antimicrobial Peptides with AmpGram. International Journal of Molecular Sciences. 2020; 21(12), **140 pkt** MNiSW
- Burdukiewicz M, Sidorczuk K, **Rafacz D**, Pietluch F, **Bąkała M.**, Słowik J, Gagat P. CancerGram: An Effective Classifier for Differentiating Anticancer from Antimicrobial Peptides. Pharmaceutics. 2020; 12(11), **100 pkt** MNiSW

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż przytoczone powyżej publikacje to wyłącznie publikacje z udziałem studentów pierwszego rocznika studiów pierwszego stopnia, którzy studia na kierunku IAD rozpoczęli w roku akademickim 2017/2018, a obecnie studiują na studiach drugiego stopnia kierunku IAD.

Ponadto studenci kierunku Inżynieria i Analiza Danych otrzymują za swoje osiągnięcia naukowe, jak również wyniki uzyskiwane w konkursach programistycznych, liczne nagrody, wyróżnienia i stypendia zewnętrzne, w tym m.in.:

- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Nauki za znaczące osiągnięcia w roku 2020/21
- Wojciech Kretowicz otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Nauki za znaczące osiągnięcia w roku 2020/21
- Hubert Baniecki, Wojciech Kretowicz i Małgorzata Wachulec zdobyli I miejsce w Hackathonie pod nazwą Lion's Den ING Risk Modelling Challenge organizowanym przez bank ING w roku 2021
- Mateusz Krzyżyński, Paweł Wojciechowski, Artur Żółkowski zajęli II miejsce w hackathonie Warsaw Hacks, organizowanym przez Biuro Cyfryzacji m.st. Warszawy i Fundację Digital Poland
- Piotr Piątyśzek otrzymał wraz z zespołem Wariant MI2 otrzymał wyróżnienie w hackathonie Hack4med
- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Fundacji Lotto im. Haliny Konopackiej „65 na 65” w roku 2021
- Małgorzata Wachulec została laureatką stypendium firmy INTEL w konkursie Nowe Technologie dla Dziewczyn Intel-Perspektywy 2020/2021

- Michał Kośmider otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Szkolnictwa Wyższego za znaczące osiągnięcia w roku 2019/2020
- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Szkolnictwa Wyższego za znaczące osiągnięcia w roku 2019/2020
- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Fundacji Rodziny Maciejko w roku 2017.

1.1.3. Oczekiwania wobec kandydatów

Kluczowym oczekiwaniem stawianym kandydatom na studia na kierunku IAD jest:

- w przypadku kandydatów na studia pierwszego stopnia: doskonałe przygotowanie z matematyki i gotowość do dalszego rozwoju w dziedzinie Data Science
- w przypadku kandydatów na studia drugiego stopnia: wyniki studiów pierwszego stopnia i ich zgodność tematyczna z kierunkiem *Inżynieria i Analiza Danych*, zapewniające odpowiednie przygotowanie do podejmowania studiów drugiego stopnia, jak również chęć rozwoju w dziedzinie Data Science. O wynikach rekrutacji decydują również wyniki uzyskane w postępowaniu kwalifikacyjnym. Studia drugiego stopnia kierunku IAD są dostępne dla trzech grup kandydatów:
 - o absolwenci studiów pierwszego stopnia kierunku Inżynieria i Analiza Danych
 - o absolwenci studiów inżynierskich innych kierunków informatycznych o zbliżonym profilu kształcenia
 - o absolwenci innych kierunków studiów o zbliżonym kierunku kształcenia, np. studiów licencjackich z Matematyki

Komisja Programowa Kierunku Inżynieria i Analiza Danych opracowała wykaz zagadnień w języku polskim i angielskim, których znajomość jest oczekiwana od kandydatów na studia drugiego stopnia. Na podstawie zgodności profilu kandydata z wymogami kierunku podejmowana jest decyzja o możliwości zrekrutowania kandydata, a w przypadku decyzji pozytywnej o skierowaniu na program podstawowy (trzysemestralny) lub poszerzony (czterosemestralny) umożliwiający uzupełnienie efektów uczenia się, w tym np. efektów koniecznych do uzyskania kompetencji inżynierskich. Szczegółowe rozwiązania w tym zakresie zawarto w opisie dla kryterium nr 3 w dalszej części niniejszego raportu.

Należy podkreślić, iż Wydział rekrutuje na studia na kierunku IAD najlepszych kandydatów, od których oczekuje otwartości umysłu, ciekawości poznania oraz pasji, jak również gotowości do rozwoju kompetencji informatycznych, matematycznych i analitycznych. Przyciągnięciu najlepszych kandydatów na studia służyły m.in.:

- działania popularyzatorskie, takie jak MiNI Akademia, Internetowy Konkurs dla Szkół Średnich – Matematyka, Dzień Popularyzacji Matematyki pomagające przyszłym studentom odkryć te wartości
- wykorzystanie wniosków z analizy innych programów kształcenia w obszarze Data Science wprowadzanych przez ośrodki europejskie i z USA i zbudowanie oferty nawiązującej do i rozwijającej doświadczenia wiodących ośrodków światowych
- wkład w integrację rodzącego się polskiego środowiska specjalistów dziedziny Data Science, w tym wkład w powstanie, przygotowanie i rozwój koncepcji cyklu konferencji *Data Science Summit (DSS)*, której Wydział jest współorganizatorem poczynając od pierwszej edycji, a w okresie przed pandemią był gospodarzem. Rozwój oferty kierunku IAD był prezentowany również m.in. w ramach sesji plenarnych konferencji DSS oraz Warszawskich Dni Informatyki (WDI), a prezentacje te przyczyniały się do propagowania informacji na temat dziedziny i pozyskiwania najlepszych kandydatów na studia, w tym na studia magisterskie.

Kształcenie na studiach pierwszego stopnia kierunku Inżynieria i Analiza Danych po raz pierwszy uruchomiono w październiku 2017 r. Od tego czasu studia na tym kierunku są podejmowane przez elitarnie grono studentów o czym świadczy najwyższy w skali Politechniki Warszawskiej próg punktowy

rekrutacji spośród wszystkich kierunków studiów oferowanych przez uczelnię, który obowiązywał dla studiów pierwszego stopnia kierunku IAD w latach 2017, 2018, 2019 i 2020, a w roku 2021 drugi w skali uczelni. Zgodnie z informacją Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (<http://studia.gov.pl/kandydaci-na-studia/najpopularniejsze-kierunki/>) kierunek Inżynieria i Analiza Danych był w roku 2017 najbardziej popularnym kierunkiem studiów na studiach stacjonarnych pierwszego stopnia i jednolitych studiach magisterskich ze wskaźnikiem 54,6 kandydata na jedno miejsce, a w roku 2018 był drugi co do popularności (nieznacznie ustępując pierwszemu) ze wskaźnikiem 18,3 kandydata na jedno miejsce.

Na jedno miejsce na studiach drugiego stopnia Data Science realizowanych w języku angielskim przypadało 3.35 kandydata, a 95% absolwentów pierwszego rocznika studiów pierwszego stopnia w roku 2021 wybrało studia drugiego stopnia również na kierunku IAD. Tym samym poprzez oferowanie kompleksowego programu kształcenia w ramach studiów pierwszego i drugiego stopnia, który został oceniany jako atrakcyjny przez kandydatów na studia pierwszego stopnia i absolwentów tych studiów, uzyskano planowany efekt wprowadzenia elitarnego kierunku studiów, przyciągającego najlepszych kandydatów. Wysoki odsetek absolwentów pierwszego stopnia podejmujący studia drugiego stopnia sprzyja również przygotowaniu do dalszego rozwoju liczego grona absolwentów, w tym podejmowania przez nich kariery naukowej.

1.1.4. Sylwetki absolwentów poszczególnych studiów pierwszego i drugiego stopnia

W ramach studiów pierwszego stopnia nie jest stosowany podział na specjalności. Również w ramach studiów drugiego stopnia nie jest stosowany podział na specjalności.

W przypadku zarówno studiów pierwszego stopnia, jak i studiów drugiego stopnia w miejsce podziału na specjalności wprowadzono znaczną liczbę zajęć obieralnych, które umożliwiają rozwój indywidualnych zainteresowań studentów i pozyskanie wiedzy oraz umiejętności właściwych dla poszczególnych przedmiotów obieralnych np. związanych z przetwarzaniem danych multimedialnych, czy też analizą danych genomicznych.

Absolwent studiów pierwszego stopnia kierunku IAD łączy wszechstronne umiejętności informatyczne, matematyczne i kreatywnego rozwiązywania problemów w obszarze określanym w jęz. ang. jako Data Science. Efektywnie posługuje się zarówno informatycznymi narzędziami, jak i całymi systemami do pozyskiwania, składowania oraz analizy danych. Biegle programuje w różnych językach – zwłaszcza tych, które są stosowane w przetwarzaniu danych (także o dużym wolumenie). Posiada znajomość metod probabilistycznych, statystycznych oraz uczenia maszynowego i potrafi je zastosować do analizy zbiorów danych pochodzących z różnorodnych źródeł. Potrafi również samodzielnie zdobywać wiedzę na temat metod i narzędzi adekwatnych do postawionych przed nim zadań. Jest przygotowany do pracy w interdyscyplinarnych zespołach, grupujących przedstawicieli odbiorców analiz i systemów przetwarzania danych oraz specjalistów z obszaru informatyki. Ma doświadczenie w samodzielnym rozwiązywaniu rzeczywistych problemów i tworzeniu systemów informatycznych związanych z analizą i przetwarzaniem danych. Może pracować jako inżynier danych, zapewniając obsługę i wstępną analizę dużych wolumenów danych.

Absolwent studiów drugiego stopnia kierunku IAD łączy wszechstronną wiedzę i umiejętności informatyczne oraz analityczne. Odznacza się przygotowaniem do poszerzania wiedzy i rozwoju kompetencji w szybko zmieniającej się rzeczywistości informatycznej. Cechuje go gotowość do samodzielnego rozwiązywania problemów i praktycznego stosowania informatyki w różnorodnych dziedzinach technologicznych i społecznych, również w ramach projektów interdyscyplinarnych. Posiada dogłębną znajomość metod przetwarzania i analizy danych (ang. Data Science), w tym szczególnie metod uczenia maszynowego. Wyróżnia się zaawansowaną umiejętnością doboru i dostosowania do wymagań dziedzinowych metod analizy danych, w tym analizy danych o złożonej

strukturze. Potrafi stosować istniejące metody analizy danych i rozwijać nowe zarówno dla danych przetwarzanych w klasycznych systemach, jak i dla danych o dużym wolumenie i różnorodności (ang. Big Data). Jego kompetencje są odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie gospodarki na specjalistów w dziedzinie analizy danych. Jest przygotowany do pracy w firmach tworzących i wykorzystujących systemy informatyczne oraz analityczne, w tym w sektorze nowoczesnych technologii, a także do pracy naukowej.

1.1.5. Zgodność koncepcji kształcenia z potrzebami otoczenia społeczno-gospodarczego oraz rynku pracy

Zapotrzebowanie na specjalistów Data Science jest jednym z kluczowych trendów rynku pracy specjalistów informatyki. Już analizy realizowane w roku 2015, wskazywały na nowy profil kompetencji wymagany przez światowy rynek pracy, związanych z analizą danych, w tym danych wielkiej skali. Przykładem opracowania, które prezentuje już wówczas obecne wymagania rynku pracy, jest wykorzystana w tworzeniu założeń studiów pierwszego stopnia IAD, analiza ponad 80 000 ogłoszeń pracy dla stanowisk związanych wyłącznie z inżynierią i analizą danych autorstwa F. Bensberga oraz G. Buschera, pt. *The Impact of Big Data on the Job Market – Results from a Job Mining Study*, przedstawiona na European Data Forum w roku 2015. Wśród kluczowych pięciu grup stanowisk w analizie zidentyfikowano m.in. Data Scientist, Data engineer, (Big) Data Analyst, jak również Big Data Architect. Kluczowe kompetencje, były i pozostają zgodne z definicją Data Science jako obszaru przecięcia tzw. „hacking skills”, wiedzy matematycznej i statystycznej („math and statistics knowledge”) oraz tzw. „substantive expertise”. Kompetencje zidentyfikowane w w/w badaniu, które tu podajemy jako przykład materiałów wykorzystanych w konstrukcji kierunku, to znajomość uczenia maszynowego/metod data mining, analizy danych, business intelligence, umiejętność programowania w Pythonie, SQL, R i Java, znajomość platform Big Data (m.in. Hadoop, Hive) oraz tzw. Kompetencje miękkie, w tym szczególnie umiejętności komunikacyjne. Wszystkie te kompetencje są zapewniane już przez studia pierwszego stopnia, a w wersji poszerzonej (np. o metody przetwarzania języka naturalnego, analizę danych wielkoskalowych) przez studia drugiego stopnia.

Program studiów, zarówno pierwszego, jak i drugiego stopnia podlegał również sukcesywnemu rozwojowi, wyznaczanemu m.in. przez analizę światowych trendów. Bardzo ważne w opracowaniu oryginalnego programu i jego rozwoju były wnioski ze współpracy z przedstawicielami otoczenia społeczno-gospodarczego, w tym z przedstawicielami pracodawców m.in. obecnymi w Radzie Pracodawców Wydziału, pozyskiwane w trakcie konferencji tematycznych i spotkań projektowych, w trakcie których założenia obecnego i planowanego programu studiów były konfrontowane z opinią pracodawców i przedstawicieli środowiska akademickiego (np. wystąpienia i dyskusje prowadzone przez członków Komisji Programowej kierunku IAD w trakcie European Big Data Value Forum, Data Science Summit, SAS Academic Data Science Forum). Ważnym wyznacznikiem potrzeb kształcenia były również doświadczenia projektów badawczo-rozwojowych i naukowych realizowanych w gronie krajowym i międzynarodowym (np. projekt H2020 VaVeL realizowany m.in. wspólnie z Instytutem Fraunhofera (Niemcy), Technion (Izrael), Orange Polska). Działania te pozwalały na ocenę i potwierdzenie zgodności kompetencji zapewnianych przez kierunek IAD z potrzebami m.in. przygotowania absolwentów do roli doktorantów z perspektywy kluczowych światowych ośrodków. Ważnym aspektem podejmowanych działań była też ocena przygotowania planowanych absolwentów do roli Data Scientist z perspektywy innowacyjnych polskich przedsiębiorstw, z którymi współpracuje Wydział i przedstawiciele kadry akademickiej prowadzącej zajęcia na kierunku IAD, w tym np. firm Nethone (obszar współpracy: analiza danych do wykrywania nadużyć), FinAi (obszar współpracy: analiza danych społecznościowych dla celów analizy finansowej) czy XTrack (obszar współpracy: dynamiczna analiza danych logistycznych).

Rola inżynierii i analizy danych wzrasta i jest uwypuklona w wielu dokumentach o strategicznym charakterze również opublikowanych w ostatnim okresie. Wiele zaleceń i strategii zarówno na

poziomie krajowym, jak i europejskim akcentuje znaczenie inżynierii i analizy danych w kształtowaniu gospodarki, przemysłu i społeczeństwa. W szczególności, 19 lutego 2020 roku Komisja Europejska opublikowała Europejską Strategię Danych (ang. European Data Strategy), która zakłada budowę jednolitego rynku danych i wspólnych, europejskich przestrzeni danych w kluczowych sektorach. Strategia widzi w danych źródło rozwoju gospodarki, zapewniające wzrost wydajności i efektywności gospodarowania zasobami różnego rodzaju. Analiza danych jest wobec tego niezbędna dla rozwoju nowoczesnych dziedzin o strategicznym znaczeniu takich jak sztuczna inteligencja i robotyka, ale również rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw, czy też budowania rozwiązań tzw. Przemysłu 4.0. Europejska Strategia Danych wskazuje również na fakt, iż dane wspomagają rozwiązywanie problemów społecznych, klimatycznych i środowiskowych, przyczyniając się do budowy zdrowszych, zamożniejszych i bardziej zrównoważonych społeczeństw, a także osiągnięcia celów europejskiego Zielonego Ładu.

W przypadku dokumentów opracowanych na poziomie krajowym, Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.) – przyjęta przez Radę Ministrów 14 lutego 2017 r. będąca aktualizacją średniookresowej strategii rozwoju kraju w części poświęconej cyfryzacji wskazuje na kluczową rolę danych jako podstawowego materiału dla tworzenia innowacyjnych usług i produktów w gospodarce cyfrowej. W szczególności, podkreśla znaczenie analityki danych, w tym analityki Big Data i analityki wielokryterialnej w Przemysle 4.0 i usługach Smart Cities. Z kolei Rozporządzenie o Ochronie Danych osobowych z 2016 r. (RODO) mówi wprost o potrzebie tworzenia nowych narzędzi zapewniających anonimowość danych oraz transparentność modeli predykcyjnych/decyzyjnych.

Przygotowanie kształcenia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych odpowiada na zapotrzebowanie na specjalistów w tym obszarze zidentyfikowane w skali światowej i europejskiej. O wadze kształcenia w obszarze metod analizy danych i sztucznej inteligencji świadczy inauguracja przez Ministerstwo Cyfryzacji w listopadzie 2019 roku inicjatywy AI Tech, w ramach której rozpoczęto prace nad stworzeniem systemowego kształcenia najwyższej klasy specjalistów sztucznej inteligencji, uczenia maszynowego i cyberbezpieczeństwa. Uruchomienie studiów pierwszego i drugiego stopnia kierunku Data Science wyprzedziło te działania.

Studia zarówno pierwszego, jak i drugiego stopnia kierunku IAD zapewniają kształcenie wysokiej klasy specjalistów odpowiadających na potrzeby związane z transformacją cyfrową, koniecznych dla rozwoju nowoczesnych, konkurencyjnych przedsiębiorstw, a jednocześnie przygotowanych do dalszego rozwoju, w tym rozwoju naukowego, jak również osób gotowych w przyszłości podejmować kształcenie kolejnych ekspertów w omawianej dziedzinie.

1.1.6. Uczestnictwo interesariuszy w procesie kształtowania koncepcji kształcenia

1.1.6.1. Uczestnictwo wewnętrznych interesariuszy

Na potrzeby rozwoju programu studiów kierunku Inżynieria i Analiza Danych, Rada Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej powołała Komisję Programową Kierunku Inżynieria i Analiza Danych. Przygotowanie studiów pierwszego i drugiego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych zostało zrealizowane przez zespół członków Komisji Programowej kadencji 2016-2020. Komisja Programowa obejmuje pracowników Wydziału, reprezentantów pracodawców oraz przedstawicieli studentów, w tym studentów kierunku i doktorantów. Należy podkreślić, iż proponowane rozwiązania były poddawane dyskusji z udziałem przedstawicieli pracodawców, doktorantów oraz studentów, w tym z udziałem studentów kierunku Inżynieria i Analiza Danych.

W toku prac nad programem studiów w języku angielskim ustalono również potrzebę wprowadzenia do planu studiów przedmiotu zapewniającego wiedzę i umiejętności związane z zagadnieniami prawa

autorskiego i przedsiębiorczości w obszarze innowacyjnych rozwiązań informatycznych. Przygotowania takiego przedmiotu podjął się specjalista – przedstawiciel Wydziału Zarządzania Politechniki Warszawskiej. W gronie autorów programu studiów i koordynatorów przedmiotów są zarówno naukowcy o dorobku naukowym potwierdzonym m.in. publikacjami w prestiżowych, najwyższej punktowanych wg klasyfikacji Ministerstwa Edukacji i Nauki międzynarodowych czasopismach naukowych oraz materiałach konferencyjnych, eksperci współpracujący z przedsiębiorstwami w realizacji zaawansowanych projektów wdrożeniowych, jak i np. certyfikowani kierownicy projektów (m.in. posiadacze międzynarodowych certyfikatów Project Management Professional i PRINCE2 Practitioner) z bogatym doświadczeniem w realizacji krajowych i międzynarodowych projektów badawczych, badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych.

Współpraca z interesariuszami wewnętrznymi jest skupiona w gronie Komisji Programowej Kierunku, przy istotnym zaangażowaniu studentów i dążeniu do stałego doskonalenia zasad kształcenia, w tym wprowadzania nowych rozwiązań organizacyjnych dedykowanych dla kierunku. Przykłady rozwiązań wypracowanych ze studentami to:

- wprowadzenie możliwości realizacji prac inżynierskich wg jednego z dwóch procesów – klasycznie stosowanego dla prac inżynierskich skoncentrowanych na wytworzeniu oprogramowania i procesu bazującego na międzynarodowym standardzie CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining)
- przygotowanie wytycznych dla kandydatów na studia drugiego stopnia, nie będących absolwentami studiów pierwszego stopnia mających na celu lepsze przygotowanie tych kandydatów do podejmowania studiów drugiego stopnia kierunku IAD
- opracowanie wytycznych związanych z zasadami wykorzystaniem publikacji naukowych autorstwa studentów w procesie dyplomowania.

1.1.6.2. Uczestnictwo wewnętrznych interesariuszy

Oferta studiów kierunku powstawała i jest rozwijana w ramach stałej współpracy z interesariuszami zewnętrznymi. Przede wszystkim, rozwiązania składające się na ofertę studiów pierwszego i drugiego stopnia były poddawane bieżącej dyskusji z udziałem przedstawicieli pracodawców obecnych w Komisji Programowej Kierunku, reprezentujących sektor przedsiębiorstw technologicznych (dr inż. J. Legierski, ekspert Orange Polska), jak i perspektywę potrzeb ogółu przedsiębiorstw (Z. Redzisz, PWC Polska). Przedstawiciele ci zaopiniowali zdecydowanie pozytywnie program studiów zarówno w języku polskim, jak i program studiów w języku angielskim, podkreślając zapotrzebowanie na absolwentów kierunku Data Science z perspektywy rynku pracy.

Kolejnym źródłem wiedzy na temat oczekiwań rynku pracy i angażowania zewnętrznych interesariuszy były m.in. współorganizowane przez Wydział konferencje Data Science Summit i Warszawskie Dni Informatyki oraz spotkania z pracodawcami prowadzonymi w ramach w/w konferencji szeroko zakrojone działania rekrutacyjne ukierunkowane na pozyskanie specjalistów inżynierii i analizy danych.

Kluczowym założeniem, które legło podstaw uruchomienia studiów kierunku IAD było również zapewnienie oferty studiów, które mają międzynarodowy charakter, światowy poziom i czerpią szeroko ze wzorców światowych. Wykorzystują one zatem także doświadczenia zdobywane m.in. w ramach współpracy międzynarodowej autorów programu studiów z interesariuszami z takich ośrodków badawczych jak Institute Polytechnique de Paris, Technion, Ghent University, Hasselt University, Deakin University, Melbourne University, Aalborg University oraz Porto University, jako ośrodków specjalizujących się w analizie danych i rekrutujących absolwentów kierunków informatycznych do pracy badawczej, w tym szczególnie pracy badawczej w obszarach szeroko pojętych metod analizy danych.

Ważnym kontekstem dla przygotowania programu studiów były ponadto doświadczenia wynikające z bogatej gamy projektów badawczo-rozwojowych realizowanych we współpracy z przedsiębiorstwami oraz na rzecz przedsiębiorstw i skoncentrowanych na zastosowaniu metod analizy danych. Przedstawiciele tych przedsiębiorstw definiowali kluczowe ich zdaniem kompetencje w ramach projektów realizowanych z Wydziałem. Przykładem są m.in. następujące projekty NCBiR, POIR 2014-2020 *Sztuczna inteligencja, biometria oraz zaawansowane profilowanie dla innowacyjnej ochrony kont użytkowników w bankowości elektronicznej* oraz *Modelowanie ryzyka kredytowego w oparciu o dane dostępne w kanałach cyfrowych z wykorzystaniem zaawansowanych rozwiązań teorio-grafowych związanych z sieciami społecznościowymi*, Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego *Opracowanie algorytmów wspierających system autonomicznego planowania dynamicznego*. Osoby współtworzące program studiów były zaangażowane, w tym na kierowniczych stanowiskach, m.in. w realizację trzyletniego projektu H2020 ICT-16 Big Data: VaVeL Variety, Veracity, VaValue: Handling the Multiplicity of Urban Sensors. Doświadczenia tej współpracy wpłynęły na kształtowanie oferty studiów magisterskich jak studiów przygotowujących m.in. do pracy w międzynarodowych zespołach badawczych i badawczo-rozwojowych w dziedzinie analizy danych.

Wkład w przedstawianie oferty studiów interesariuszom zewnętrznym miały również wystąpienia i dyskusje w ramach konferencji Data Science Summit – największej w Polsce konferencji poświęconej Data Science, której współorganizatorem i współinicjatorem był Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, a partnerami honorowymi m.in. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Ministerstwo Cyfryzacji oraz Ministerstwo Rozwoju. Założenia programu kierunku IAD były prezentowane m.in. w referacie plenarnym *Data Science i Analiza Danych. Stan aktualny i nowe działania* w trakcie konferencji Data Science Summit w roku 2019, jak również m.in. w trakcie konferencji SAS Academic Data Science Summit, czy też w ramach konferencji European Big Data Value Forum w Wiedniu. Te i inne prezentacje oraz spotkania indywidualne były okazją do gromadzenia i weryfikowania założeń programu studiów.

Ważnym doświadczeniem wpływającym na rozwój oferty kształcenia w obszarze Data Science było również zawarcie porozumienia o współpracy ze Szkołą Biznesu Politechniki Warszawskiej i realizacja przez przedstawicieli Komisji Programowej IAD bloku zajęć Data Science dla kadry zarządczej polskich przedsiębiorstw – uczestników prestiżowych studiów MBA Digital Transformation oraz doświadczenia wynikające ze współpracy z tą grupą interesariuszy.

W ramach przygotowania programu studiów kierunku IAD przedstawiciel Komisji Programowej współpracował również z Big Data Value Association. Elementem współpracy był udział w konsultowaniu rozwiązań programu międzynarodowych certyfikatów potwierdzających kompetencje nabywane w ramach programów kształcenia w obszarze Data Science. Stanowi to kolejny przykład propagowania doświadczeń wynikających z realizacji programu studiów w gronie interesariuszy zewnętrznych i zarazem pozyskiwania opinii interesariuszy zewnętrznych.

Wydział współpracował podczas tworzenia kierunku, a także nadal regularnie współpracuje w procesie dydaktycznym (m.in. w ramach przedmiotów projektowych *Projekt Interdyscyplinarny* i *Warsztaty Badawcze* oraz *Data Science Workshop*) z interesariuszami z branży IT, którzy postrzegają absolwentów kierunku jako potencjalnych (współ)pracowników. Dotyczy to firm z branży m.in. doradczo-audytowej (PWC Polska), telekomunikacyjnej (Orange Polska, Samsung), bioinformatycznej (Cellular Genomics), firm z sektora IT i analityki danych zajmujących się kwestiami cyberbezpieczeństwa (EXATEL S.A.), analityki danych handlowych (Comp S.A.) czy też analizy obrazów (SkySnap).

Ważnym elementem współpracy z interesariuszami zewnętrznymi jest również współpraca z jednostkami badawczymi krajowymi i zagranicznymi, z których część to przyszli pracodawcy tych studentów kierunku, którzy decydują się na podjęcie studiów doktoranckich i kariery naukowej. W tym gronie wymienić należy szczególnie Instytut Badan Systemowych oraz Instytut Podstaw Informatyki Polskiej Akademii Nauk. Elementem rozwoju współpracy jest opracowanie autorskich przedmiotów

i prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku przez pracowników Wydziału i zarazem przedstawicieli w/w i innych jednostek naukowych. Osoby te uczestnicząc w procesie nauczania wprowadzają zarazem studentów kierunku w świat badań naukowych, podejmując rolę mentora i reprezentując nurty badań obecne w czołowych jednostkach naukowych.

1.1.7. Cechy wyróżniające kierunek Inżynieria i Analiza Danych

Podstawowym założeniem tworzonego programu studiów pierwszego i drugiego stopnia było wykorzystanie światowych wzorców i zapewnienie kształcenia specjalistów przygotowanych do pracy w sektorze przedsiębiorstw i jednostek naukowych wymagających od swoich pracowników najwyższych kwalifikacji – zarówno w Polsce, jak i poza Polską. Ważnym założeniem było dążenie do doskonałości w kształceniu i współpracy międzynarodowej. Te dwa aspekty zostały uznane za integralnie powiązane ze względu na fakt, iż w dziedzinie Data Science szczególną rolę odgrywają wyniki badań realizowanych w międzynarodowym środowisku, światowi liderzy technologiczni czy też rozwijane przez międzynarodowe środowisko projekty o otwartym kodzie, w tym projekty Apache Software Foundation, np. Apache Hadoop.

W ramach przygotowań programu studiów przeanalizowano programy m.in. głównych uczelni w USA oferujących programy Data Science na poziomie Master degree (m.in. New York University, Columbia University i Georgia Institute of Technology). Przeprowadzono analizę morfologiczną zgromadzonych programów w celu potwierdzenia zasadności głównego trzonu opracowanego programu studiów, wykrycia elementów nie pokrytych planowanym programem i identyfikacji przedmiotów obieralnych, które mogą zostać zaproponowane jako uzupełnienie studiów. Podobną analizę przeprowadzono dla programów oferowanych przez polskie uczelnie, skupiając się jednakże, ze względu na innowacyjny kierunek studiów i w okresie tworzenia kierunku IAD brak kierunków o analogicznych założeniach, na programach studiów podyplomowych. Ze względu na zaangażowanie w proces tworzenia programu studiów praktyków z obszaru Data Science europejskie wzorce edukacyjne analizowane były również podczas wizyt studyjnych i konferencji tematycznych w tym na konferencjach z cyklu European Data Forum/ European Big Data Value Forum będących jednymi z kluczowych europejskich spotkań grupujących przedstawicieli przemysłu, ośrodków badawczych i różnych szczebli administracji europejskiej zajmujących się problematyką przetwarzania i analizy danych w Europie i budową strategii rozwoju Unii Europejskiej w omawianym obszarze. Analizie poddano także opracowywane wówczas przez BDVA robocze założenia dotyczące programu międzynarodowej certyfikacji m.in. dedykowanej dla programów studiów w dziedzinie Data Science i wymagania związane z planowaną certyfikacją, przekładając je na rozwiązania obecne w planie studiów. O wyzwaniu stojącym przed zespołem tworzącym kierunek Data Science świadczy fakt, iż wiodące organizacje światowe np. Association for Computing Machinery (ACM) jeszcze w ostatnim okresie opracowywały standardy kształcenia w obszarze Data Science. Przykładowo rozdział poświęcony Data Science obecny w opublikowanym z datą 31.12.2020 r. *Computing Curricula 2020. Paradigms for Global Computing Education* – obszernym raporcie formułującym zalecenia związane z kształceniem w różnych obszarach informatyki jest opatrzony adnotacją, iż jest jeszcze przedmiotem prac (ang. under development).

Oprócz wykorzystania wzorców zagranicznych programów akademickich, analizie poddano również standardy Data Science. Przykładowo, zgodnie z definicją Drew Conwaya dziedziny Data Science, zaplanowano trzy grupy przedmiotów, wpisując je w tzw. Obszary „maths and statistics knowledge”, „hacking skills” oraz „substantive expertise”. Wykorzystywano również analizy międzynarodowego rynku pracy, takie jak przywołana powyżej analiza F. Bensberga i G. Buschera.

Kolejne przykłady działań zmierzających do zapewnienia kształcenia na najwyższym i zarazem międzynarodowym poziomie to m.in.:

- zaangażowanie w budowę kierunku i prowadzenie zajęć oraz opiekę nad pracami dyplomowymi liderów i członków grup badawczych o dorobku na międzynarodowym poziomie, w tym szczególnie liderów grup badawczych wymienionych w dalszej części opisu niniejszego kryterium

- o bogatym międzynarodowym dorobku publikacyjnym (prestiżowe czasopisma listy JCR, wystąpienia na konferencjach notowanych w rankingu CORE). Efektem tego zaangażowania jest m.in. angażowanie studentów do pracy naukowej jeszcze w okresie studiów
- nawiązanie i rozwój współpracy ze światowymi liderami technologicznymi zapewniającej:
 - o szkolenia dla pracowników Wydziału prowadzących zajęcia na kierunku (np. szkolenia z zakresu technologii chmurowych firm Amazon i Microsoft, szkolenia z zakresu oprogramowania analitycznego SAS Institute) i prowadzące m.in. do uzyskania statusu certyfikowanych instruktorów technologii chmurowych AWS oraz Google Cloud – jako technologii o największym udziale rynkowym w zakresie rozwiązań chmurowych przez pracowników prowadzących zajęcia *Cloud Computing*
 - o Zapewnienie zainteresowanym studentom możliwości zdobywania międzynarodowych certyfikatów firmy Amazon oraz międzynarodowego certyfikatu SAS Data Science – dedykowanego dla studentów Wydziału i bazującego na umowie Wydziału z firmą SAS Institute – globalnym liderem rynku oprogramowania analitycznego. Umowa ta stanowi zatem potwierdzenie wysokiej oceny poziomu nauczania Wydziału – certyfikat SAS Data Science może być uzyskany na podstawie zaliczenia bloku przedmiotów obowiązkowych (*Bazy danych, Projekt interdyscyplinarny, Wstęp do uczenia maszynowego, Hurtownie danych i systemy Business Intelligence, Warsztaty badawcze, Advanced Machine Learning*) i obieralnych oferowanych na kierunku (m.in. *Wybrane algorytmy i systemy analizy danych, Przetwarzanie danych w systemie SAS, Narzędzia SAS*). Zaprojektowana przez zespół Wydziału formuła certyfikatu powoduje, iż może być uzyskany zarówno przez studentów pierwszego, jak i drugiego stopnia kierunku IAD
 - o Wykorzystanie w procesie nauczania środowisk chmurowych i wirtualnych zapewnianych przez liderów technologicznych (m.in. w ramach zajęć *Cloud Computing, Bazy Danych, Hurtownie danych i systemy Business Intelligence, Składowanie danych w systemach Big Data, Big Data Analytics*)
- pozyskanie i wykorzystanie dodatkowych środków z Europejskiego Funduszu Społecznego na zadanie „Przygotowanie i uruchomienie nowego kierunku studiów na studiach II stopnia - Inżynieria i Analiza Danych (IAD)”. Zadanie to zostało zrealizowane w ramach projektu „NERW PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” i umożliwiło m.in. analizę pokrewnych kierunków kształcenia w ośrodkach zagranicznych, opracowanie kart przedmiotów i programu studiów drugiego stopnia w języku angielskim, jak również opracowanie kompletu materiałów dydaktycznych w języku angielskim do 15 przedmiotów oferowanych na kierunku, w tym wszystkich obowiązkowych przedmiotów studiów drugiego stopnia. Materiały dydaktyczne dla studiów pierwszego stopnia zostały opracowane w ramach projektu NERW2 PW również dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego.

Możliwość zdobycia międzynarodowych certyfikatów, jak również użycie najnowszych środowisk informatycznych stanowi dodatkowy atut dla tych studentów, którzy chcą w sposób szczególny rozwijać i potwierdzać swoje kompetencje technologiczne certyfikatami o międzynarodowej rozpoznawalności.

Zgodnie z praktyką innych światowych programów kształcenia w obszarze Data Science, cechą utworzonego kierunku jest również otwarcie na kandydatów – absolwentów innych kierunków niż IAD, jak również informatyka i matematyka. Dla budowy kompetencji w obszarze Data Science szczególnie ważny jest rozwój kwalifikacji i realizacja projektów zespołowych w gronie studentów o interdyscyplinarnym przygotowaniu i zainteresowaniach. Wobec powyższego podjęto decyzję, iż studenci studiów drugiego stopnia mogą realizować studia wg jednego z dwóch planów:

- plan trysemestralny – plan zawierający przedmioty dedykowane dla kierunku Data Science, w tym wymienione powyżej. Plan ten jest dedykowany dla absolwentów studiów pierwszego stopnia pokrewnych kierunków informatycznych, w tym kierunku Data Science
- plan czterosemestralny – plan, w którym realizacja w/w dedykowanego planu jest poprzedzona dodatkowym semestrem, w trakcie którego studenci realizują przedmioty zapewniające

uzupełnienie efektów uczenia się w obszarach takich jak podstawy uczenia maszynowego, czy też bazy danych jako obszarach kluczowych dla podjęcia studiów drugiego stopnia. Plan ten jest dedykowany dla szczególnie uzdolnionych absolwentów innych kierunków np. Matematyki lub Robotyki, którzy swój dalszy rozwój chcą wiązać z dziedziną Data Science i umożliwia im uzupełnienie wiedzy i umiejętności poprzez udział w indywidualnie dobranych przedmiotach, których przykłady przedstawiono w planie studiów. Możliwość ta została z powodzeniem wykorzystana przez bardzo dobrych kandydatów. Ponadto wśród studentów drugiego stopnia znaleźli się absolwenci studiów pierwszego stopnia takich kierunków jak Matematyka, Informatyka i robotyka, Inżynieria nanostruktur, Informatyka i ekonometria, Biotechnologia, Metody ilościowe w ekonomii i systemy informacyjne, jak również Fizyka Techniczna oraz Elektronika. Studenci obu planów uczestniczą wspólnie w zajęciach budując kompetencje w środowisku osób o różnorodnych doświadczeniach – zgodnie z praktyką wielu zespołów komercyjnych.

Istotny jest także ponadregionalny charakter studiów kierunku IAD. W szczególności wśród studentów studiów drugiego stopnia znaleźli się absolwenci studiów pierwszego stopnia nie tylko uczelni warszawskich, ale również Akademii Górniczo-Hutniczej, Politechniki Wrocławskiej, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Politechniki Śląskiej, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie oraz ośrodków zagranicznych.

Należy podkreślić, iż w dążeniu do utworzenia studiów elitarnych zarówno pierwszego, jak i drugiego stopnia kierunku IAD, uruchomienie studiów drugiego stopnia podjęto w dwóch etapach. W etapie pierwszym studia drugiego stopnia uruchomiono jako studia w języku polskim – w roku akademickim 2018/2019 pierwsi studenci podjęli kształcenie w ramach trzyletniego planu studiów drugiego stopnia. Studia te uzyskały wysoką rozpoznawalność, potwierdzoną m.in. znaczną liczbą kandydatów, w tym kandydatów – absolwentów studiów pierwszego stopnia z innych ośrodków akademickich.

Po ugruntowaniu charakteru kierunku jako dedykowanego dla kandydatów o szczególnie wysokich osiągnięciach w trakcie studiów pierwszego stopnia i aspiracjach związanych z dalszym rozwojem podjęto decyzję o przejściu do finalnej fazy uruchomienia studiów drugiego stopnia, czyli umiędzynarodowienia studiów. Realizacji tego celu służyła zmiana od roku 2020/2021 języka wykładowego na język angielski, co m.in. wpisuje się w cele stawiane uczelniom badawczym. O skali zainteresowania studiami drugiego stopnia świadczy fakt, iż 95% pierwszego rocznika absolwentów studiów pierwszego stopnia Data Science podjęło w roku 2021 decyzję o podjęciu studiów drugiego stopnia Data Science. W tej samej rekrutacji o jedno miejsce na studiach drugiego stopnia ubiegało się 3.35 kandydata.

Studia pierwszego stopnia realizowane w języku polskim zapewniają wysoką dostępność i przeciwdziałają wykluczeniu kandydatów z powodu potencjalnie niewystarczającej znajomości języka angielskiego. Studia drugiego stopnia są realizowane w języku angielskim, co przyczynia się do umiędzynarodowienia oferty studiów i pozyskiwania utalentowanych studentów spoza Polski, jak również umożliwia międzynarodową wymianę kadry dydaktycznej i studentów. Kompetencje językowe budowane w trakcie studiów pierwszego stopnia zapewniają, iż studia drugiego stopnia są szeroko dostępne dla studentów z Polski, czego potwierdzeniem są wyniki rekrutacji na studia drugiego stopnia.

Utworzenie studiów drugiego stopnia kierunku Inżynieria i Analiza Danych realizowanych w języku angielskim stanowiło zarazem dopełnienie uruchomienia kompleksowego programu kształcenia kierunku IAD. Działania te zostały dostrzeżone przez środowisko akademickie Politechniki Warszawskiej. W dniu 23/06/2021 Senat Politechniki Warszawskiej przyjął uchwałę nr 117/L/2021, w której upoważnił Rektora Politechniki Warszawskiej do wystąpienia do Ministra Edukacji i Nauki o przyznanie nagrody Ministra nauczycielom akademickim za *Przygotowanie i uruchomienie (opracowanie na Wydziale MiNI) innowacyjnego programu studiów II stopnia kierunku Data Science*

na Politechnice Warszawskiej. Wniosek taki został złożony do Ministerstwa Edukacji i Nauki i jest aktualnie rozpatrywany.

1.2. Badania naukowe w dziedzinie nauki związane z kierunkiem studiów

1.2.1 Związek kształcenia z prowadzoną w uczelni działalnością naukową, w tym głównymi kierunkami działalności naukowej związanej z kierunkiem

Do dyscypliny naukowej *Informatyka techniczna i telekomunikacja* należy ponad 150 pracowników Politechniki Warszawskiej. Opracowanie kierunku zostało zrealizowane przez pracowników Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych, którzy odgrywają również kluczową rolę w prowadzeniu zajęć dydaktycznych i opiece nad dyplomantami kierunku IAD. Wobec powyższego dalszy opis koncentruje się na gronie pracowników Wydziału przynależnym do dyscypliny ITT i zaangażowanych w badania związane z kierunkiem IAD.

Jednym z kluczowych czynników, które wpłynęły na podjęcie decyzji o utworzeniu kierunku IAD był potencjał naukowy Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej i jego związek z obszarem Data Science. Zespół pracowników Wydziału związany jest przede wszystkim z dyscyplinami *Matematyka* oraz *Informatyka techniczna i telekomunikacja*. Zainteresowania naukowe szczególnie liczego grona pracowników Wydziału, w tym zdecydowanej większości pracowników badawczo-dydaktycznych i badawczych przypisanych do dyscypliny naukowej *Informatyka techniczna i telekomunikacja* są związane z różnymi nurtami analizy danych, w tym m.in. metod sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego oraz zastosowań tych metod. Wobec roli obszaru umiejętności matematycznych i statystycznych w przygotowaniu inżynierów Data Science, bardzo istotne znaczenie ma również potencjał naukowy Wydziału i jego zespołów badawczych skoncentrowanych na matematycznych podstawach analizy danych. Przedstawiciele tych zespołów również uczestniczą w procesie kształcenia, przyjmując wielokrotnie rolę koordynatorów i autorów wykładów w takich obszarach o krytycznie istotnej roli dla np. uczenia maszynowego jak rachunek prawdopodobieństwa, procesy stochastyczne, czy też algebra liniowa.

W zakresie Inżynierii i Analizy Danych na Wydziale MiNI PW działa aż 11 zespołów badawczych, których liderami są pracownicy Wydziału (w kolejności alfabetycznej liderów):

1. Godna zaufania sztuczna inteligencja

Lider zespołu: dr hab. inż. Przemysław Biecek, prof. uczelni

Badania zespołu dotyczą wyjaśnialności i weryfikowalności modeli predykcyjnych (modeli uczenia maszynowego) i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- konstrukcja nowych metod eksploracji lokalnej i globalnej złożonych modeli predykcyjnych
- konstrukcja nowych metod automatyzacji trenowania modeli predykcyjnych z wykorzystaniem portfolio konfiguracji hiperparametrów dla modeli predykcyjnych
- empiryczna weryfikacja skuteczności wyjaśnień z użyciem badań fokusowych
- adaptacja opracowanych rozwiązań do następujących modalności danych: dane tabelaryczne, dane obrazowe, dane tekstowe, dane audio
- przeprowadzanie kontrolowanych ataków na wyjaśniania złożonych modeli, analiza ewolucji polityk związanych ze sztuczną inteligencją
- opracowanie narzędzi informatycznych dla języków R i Python implementujących wyżej wymienione metody.

W skład zespołu wchodzi: dr Elżbieta Sienkiewicz, mgr Katarzyna Woźnica (doktorantka), mgr Weronika Hryniewska (doktorantka), mgr Tomasz Stanisławek (doktorant), mgr Barbara Rychalska (doktorantka). Z zespołem współpracuje dr hab. Julian Sienkiewicz z Wydziału Fizyki, dr hab. Bartosz Pielniński z Wydziału Nauk Politycznych UW.

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) P. Biecek, T. Burzykowski, Explanatory Model Analysis Explore, Explain, and Examine Predictive Models, CRC Press 2021 (200 pkt MNiSW)
- 2) W. Hryniewska, P. Bombiński, P. Szatkowski, P. Tomaszewska, A. Przelaskowski, P. Biecek Checklist for responsible deep learning modeling of medical images based on COVID-19 detection studies. (2021). Pattern Recognition 118, 108035 (100 pkt MNiSW)
- 3) A. Gosiewska, A. Kozak, P. Biecek, Simpler is better: Lifting interpretability-performance trade-off via automated feature engineering (2021). Decision Support Systems, 113556 (140 pkt MNiSW)
- 4) H. Baniecki, W. Kretowicz, P. Piatyszek, J. Wisniewski, P. Biecek, dalex: Responsible Machine Learning with Interactive Explainability and Fairness in Python (2021). The Journal of Machine Learning Research 21 (140 pkt MNiSW)
- 5) R. Cylwa, K. Kiełczewski, M. Machnik, U. Oleksiewicz, P. Biecek, KRAB ZNF explorer—the online tool for the exploration of the transcriptomic profiles of KRAB-ZNF factors in The Cancer Genome Atlas (2020). Bioinformatics 36 (3), 980-981 (200 pkt MNiSW)
- 6) AG. Dobrakowski, A. Mykowiecka, M. Marciniak, W. Jaworski, P. Biecek, Interpretable segmentation of medical free-text records based on word embeddings (2021). Journal of Intelligent Information Systems, 1-19 (70 pkt MNiSW)
- 7) P. Biecek, DALEX: explainers for complex predictive models in R (2018). The Journal of Machine Learning Research 19 (1), 3245-3249 (140 pkt MNiSW)
- 8) DH. Caro, P. Biecek, intsvy: An R package for analyzing international large-scale assessment data (2017). Journal of Statistical Software 81 (1), 1-44 (200 pkt MNiSW).

2. *Methods for Analysing of Data: Algorithms and Modelling*

Lider zespołu: dr hab. inż. Marek Gagolewski, prof. uczelni

Badania zespołu dotyczą algorytmów analizy i modelowania danych i są skupione wokół następujących zagadnień:

- agregacja i fuzja danych
- sieci złożone oraz modele agentowe
- algorytmy uczenia maszynowego
- modelowanie danych interdyscyplinarnych (ekonomia, nauki społeczne, sport, itd)

W skład zespołu wchodzi: dr Anna Cena, dr inż. Maciej Bartoszek, dr inż. Grzegorz Siudem z Wydziału Fizyki PW, mgr Barbara Żogała-Siudem z Instytutu Badań Systemowych PAN.

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) M. Gagolewski, M. Bartoszek, A. Cena, Are cluster validity measures (in)valid?, Information Sciences 581, 620–636, 2021, doi:10.1016/j.ins.2021.10.004 (200 pkt MNiSW)
- 2) G. Siudem, B. Żogała-Siudem, A. Cena, M. Gagolewski, Three dimensions of scientific impact, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) 117, 13896–13900, 2020, doi:10.1073/pnas.2001064117 (200 pkt MNiSW)
- 3) R. Pérez-Fernández, B. De Baets, M. Gagolewski, A taxonomy of monotonicity properties for the aggregation of multidimensional data, Information Fusion 52, 2019, pp. 322-334. doi:10.1016/j.inffus.2019.05.006 (200 pkt MNiSW)
- 4) M. Gagolewski, S. James, G. Beliakov, Supervised learning to aggregate data with the Sugeno integral, IEEE Transactions on Fuzzy Systems 27(4), 2019, pp. 810-815. doi:10.1109/TFUZZ.2019.2895565 (200 pkt MNiSW)
- 5) M. Gagolewski, M. Bartoszek, A. Cena, Genie: A new, fast, and outlier-resistant hierarchical clustering algorithm, Information Sciences 363, 2016, pp. 8-23. doi:10.1016/j.ins.2016.05.003 (200 pkt MNiSW)

- 6) B. Żogała-Siudem, G. Siudem, A. Cena, M. Gagolewski, Agent-based model for the h-index Exact solution, European Physical Journal B 89:21, 2016. doi:10.1140/epjb/e2015-60757-1 (40pkt MNiSW).

Granty:

- Narodowe Centrum Nauki (NCN), projekt badawczy 2014/13/D/HS4/01700, Konstrukcja i analiza narzędzi zarządzania jakością producentów zasobów informacyjnych, Instytut Badań Systemowych, 2015 – 2017, Kierownik: dr hab. inż. M. Gagolewski
- Projekt badawczy „Trzy Uniwersalne parametry: Redukcja Liczby wymiarów danych informetrycznych”, IDUB-POB-CyberiADa-1, Wydział Fizyki PW, 2019-2021, kierownik: dr inż. Grzegorz Siudem.

3. Statystyka obliczeniowa i analiza danych

Lider zespołu: prof. dr hab. Przemysław Grzegorzewski

Badania zespołu dotyczą statystyki matematycznej i obliczeniowej, szeroko pojętej analizy danych, uczenia maszynowego oraz inteligencji obliczeniowej. Koncentrują się one wokół następujących zagadnień:

- analiza nieprecyzyjnych danych (zwłaszcza przedziałowych i rozmytych)
- analiza danych funkcjonalnych w kontekście analizy przeżycia, ze szczególnym uwzględnieniem funkcji cenzurowanych
- klasyfikacja wieloetykietowa
- modelowanie przyczynowości, ze szczególnym uwzględnieniem modeli regresyjnych
- analiza skupień
- operatory agregacji
- modelowanie probabilistyczne poziomu ekspresji genów na podstawie przestrzennego sekwencjonowania RNA.

W skład zespołu wchodzi: dr Ewa Strzałkowska-Kominiak, dr Paweł Teisseyre, mgr Agnieszka Geras (doktorantka), mgr Krzysztof Rudaś (doktorant).

Badania prowadzone są wspólnie z naukowcami z University of Oviedo (Hiszpania), University of Ostrava (Czechy), Slovak University of Technology (Słowacja), University of Urbino (Italia), Sejong University i Gachon University (Korea Południowa), Islamic Azad University oraz University of Science and Culture (Iran), University of Oradea (Rumunia), University of Edmonton (Kanada).

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) B. Pekala, K. Dyczkowski, P. Grzegorzewski, U. Bentkowska, Inclusion and similarity measures for interval-valued fuzzy sets based on aggregation and uncertainty assessment, Information Sciences, 547 (2021), 1182-1200 (200 pkt MNiSW)
- 2) E. Strzałkowska-Kominiak, J. Romo, Censored functional data for incomplete follow-up studies, Statistics in Medicine, 40 (2021), 2821-2838. (200 pkt MNiSW)
- 3) P. Teisseyre, Classifier chains for positive unlabeled multi-label learning, Knowledge Based Systems, 213 (2021), 1 – 16 (200 pkt MNiSW)
- 4) K. Rudaś, S. Jaroszewicz, Linear regression for uplift modeling, Data Mining and Knowledge Discovery, 32 (2018), 1275–1305 (140 pkt MNiSW)
- 5) M. Baczyński, P. Grzegorzewski, R. Mesiar, P. Helbin, W. Niemyska, Fuzzy implications based on semicopulas, Fuzzy Sets and Systems 323 (2017), 138-151. (140 pkt MNiSW)
- 6) A. Kołacz, P. Grzegorzewski, Measures of dispersion for multidimensional data, European Journal of Operational Research 251 (2016), 930-937 (140 pkt MNiSW)
- 7) A.B. Ramos-Guajardo, P. Grzegorzewski, Distance-based linear discriminant analysis for interval-valued data, Information Sciences 372 (2016) 591-607 (200 pkt MNiSW).

4. Analiza strumieni danych

Lider zespołu: dr hab. inż. Maciej Grzenda, prof. uczelni

Badania zespołu dotyczą metod pozyskiwania, przetwarzania i analizy strumieni danych (ang. stream mining) i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- wzorce architektoniczne dedykowane dla systemów pozyskiwania, przetwarzania i analizy danych wielkiej skali (ang. Big Data), w tym szczególnie dla przetwarzania danych tzw. inteligentnych miast z uwzględnieniem udostępniania otwartych danych (ang. open data)
- zagadnienia przetwarzania danych sensorycznych, w tym danych geolokalizacyjnych
- zagadnienia opóźnionej oceny modeli uczenia maszynowego (ang. verification latency)
- metody generowania i wykorzystania wielokrotnych prognoz tworzonych przez modele klasyfikacyjne i regresyjne aktualizowane w trybie przyrostowym w warunkach występowania tzw. opóźnionych etykiet (ang. delayed labels)
- metody uczenia maszynowego dedykowane dla tzw. zmienności pojęć (ang. concept drift)
- metody uczenia maszynowego i wstępnej transformacji danych dedykowane dla zagadnień przemysłowych, w tym. min. rozwój i wykorzystanie metod częściowo-nadzorowanych do modelowania procesów produkcyjnych
- metody przetwarzania strumieni danych w warunkach występowania braków w danych, opóźnionej dostępności i zmiennej rozdzielczości czasowej danych sensorycznych.

W skład zespołu wchodzi: dr inż. Marcin Luckner, mgr inż. Robert Kunicki (doktorant), mgr inż. Przemysław Wrona, mgr inż. Mateusz Pietrkiewicz.

Zespół współpracuje m.in. z prof. A. Bifet (Telecom ParisTech, Francja), dr. H. M. Gomesem (Univ. of Waikato, Nowa Zelandia), dr. A. Bustillo (Univ. de Burgos, Hiszpania) oraz dr inż. J. Legierskim (Centrum Badawczo-Rozwojowe Orange Polska).

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat

- 1) M. Grzenda, A. Bustillo, Semi-supervised roughness prediction with partly unlabeled vibration data streams, w: Journal of Intelligent Manufacturing, Springer, 2019, vol. 30, no. 2, str. 933-945, (JCR, 140 pkt MNiSW)
- 2) M. Grzenda, K. Kwasiborska, T. Zaremba, Hybrid Short Term Prediction to Address Limited Timeliness of Public Transport Data Streams, w: Neurocomputing, Elsevier, vol. 391, 2020, str. 305-317, (JCR, 140 pkt MNiSW)
- 3) M. Grzenda, H. M. Gomes, A. Bifet, Delayed Labelling Evaluation for Data Streams, w: Data Mining and Knowledge Discovery, 34, Springer, 2020, str. 1237-1266 (JCR, 140 pkt MNiSW)
- 4) M. Luckner, M. Grzenda, R. Kunicki, J. Legierski, IoT Architecture for Urban Data-Centric Services and Applications, w: ACM Transactions on Internet Technology, 2020, vol. 20, no. 3 (JCR, 140 pkt MNiSW)
- 5) M. Grzenda, H. M. Gomes and A. Bifet, Performance measures for evolving predictions under delayed labelling classification, 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Glasgow, Wielka Brytania, 2020, str. 1-8 (140 pkt MNiSW)
- 6) M. Luckner, I. Krzemińska, P. Wawrzyniak and J. Legierski, Estimating Population Density Without Contravening Citizen's Privacy: Warsaw Use Case, w IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, doi: 10.1109/TSMC.2021.3096754, 2021 (Early Access, JCR, 200 pkt MNiSW).

5. Inteligentne technologie obliczeniowe

Lider zespołu: prof. dr hab. inż. Władysław Homenda

Badania zespołu dotyczą zagadnień badawczych z informatyki z zakresu technologii obliczeniowych i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- przetwarzanie danych nieustrukturalizowanych i częściowo ustrukturalizowanych, odkrywanie lokalnych zależności i związków między nimi
- mapy poznawcze i ich zastosowania, w szczególności zastosowania map poznawczych w procesie interpretowalności zależności w przestrzeniach danych
- przetwarzania sekwencji temporalnych, w tym stosowania istniejących i proponowania nowych metod w zadaniach prognozowania i klasyfikacji
- zagadnienia klasyfikacji z identyfikacją elementów obcych i zastosowania tego zagadnienia w procesie przetwarzania sekwencji temporalnych
- metod przyjaznych człowiekowi ze szczególnym uwzględnieniem interpretowalności rozwiązań automatycznych.

W skład zespołu wchodzi: dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska, dr inż. Janusz Rafałko. Z zespołem współpracują: mgr. inż. Katarzyna Stępień z Wydziału Fizyki PW i student Wydziału MiNI PW Jakub Bilski.

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) Homenda W., Jastrzebska A., Pedrycz W., Unsupervised Mode of Rejection of Foreign Patterns, *Applied Soft Computing* 57 (2017) 615–626 (200 pkt MEiN)
- 2) Pedrycz W., Homenda W., Jastrzębska A., Yu F. Information Granules and Granular Models: Selected Design Investigations. *Proceedings of FUZZ-IEEE 2020* (140 pkt MEiN)
- 3) Homenda W., Jastrzębska A., Pedrycz W., Fusheng Y. Combining Classifiers for Foreign Pattern Rejection, *J. of Artificial Intelligence and Soft Computing Research* 10(2):75-94, 2020 (140 pkt MEiN)
- 4) Rafałko J., Czyżewski A., Automatic marking of allophone boundaries in isolated English spoken words, *International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, Białystok, Polska, opublikowane w *Computer Information Systems and Industrial Management, Seria Lecture Notes in Computer Science*, vol. 12133 (2020), str. 51–62 (40 pkt MEiN)
- 5) Jastrzębska A., Homenda W. Text-Based Delay Prediction in a Public Transport Monitoring System, *Proceedings of ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, 2021 (140 pkt MEiN)
- 6) Jastrzębska A. Time Series Classification Through Visual Pattern Recognition. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, w druku. (100 pkt MEiN).

6. Zespół sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego

Lider zespołu: prof. dr hab. inż. Jacek Mańdziuk

Główne obszary działalności naukowej zespołu uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji dotyczą:

- efektywnych metod reprezentacji wiedzy w systemach autonomicznych
- metod populacyjnych
- metod uczenia i rozwiązywania problemów wzorowanych na podejściach stosowanych przez ludzi
- metod uczenia głębokiego.

W skład zespołu wchodzi: dr inż. Michał Okulewicz, mgr inż. Jan Karwowski, mgr inż. Stanisław Kaźmierczak oraz 7 doktorantów. Z zespołem współpracuje dr hab. inż. Maria Ganzha, prof. uczelni (MiNI PW) oraz dr inż. Maciej Świechowski (QED Software).

Zespół realizuje również badania aplikacyjne, wykorzystujące ww. metody do rozwiązywania praktycznych zagadnień w różnych domenach. W szczególności badania dotyczą:

- wykorzystania metod silnej sztucznej inteligencji (Artificial General Intelligence) w dynamicznych środowiskach wieloagentowych
- zastosowań samoadaptujących się algorytmów meta-heurystycznych do rozwiązywania NP-zupełnych problemów optymalizacyjnych

- wykorzystania metod uczenia niewymagających posiadania wiedzy wstępnej (knowledge-free learning) w zagadnieniu General Game Playing oraz w zagadnieniach analizy i przetwarzania obrazów, w szczególności maszynowych metod rozumowania abstrakcyjnego.

Zespół sztucznej inteligencji posiada znaczący dorobek publikacyjny, a uzyskane wyniki badań prezentowane są corocznie na prestiżowych konferencjach naukowych.

Działalność badawcza finansowana jest zarówno ze środków Politechniki Warszawskiej (granty statutowe i dziekańskie) jak i źródeł zewnętrznych (granty NCN, grant MPD FNP). Badania prowadzone są wspólnie z naukowcami z renomowanych ośrodków naukowych (Harvard University w USA, Nanyang Technological University w Singapurze, Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk, University of Alberta w Kanadzie, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, University of New South Wales w Australii, i in.).

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 3 lat (10 pozycji):

- 1) A. Żychowski, J. Mańdziuk, (2021), Duo-LDL method for Label Distribution Learning based on pairwise class dependencies, *Applied Soft Computing*, vol. 110, October 2021, 107585, Elsevier, (200 pkt MNiSW)
- 2) A. Żychowski, J. Mańdziuk, (2021), Evolution of Strategies in Sequential Security Games, *International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'2021)*, London, Great Britain, 1434-1442, (200 pkt MNiSW)
- 3) J. Karwowski, J. Mańdziuk, (2020), Double-oracle sampling method for Stackelberg Equilibrium approximation in general-sum extensive-form games, *Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI'2020)*, New York, NY, USA, 2054-2061, (200 pkt MNiSW)
- 4) M. Białas, M.M. Mironczuk, J. Mańdziuk, (2020), Biologically Plausible Learning of Text Representation with Spiking Neural Networks, *Parallel Problem Solving from Nature (PPSN'2020)*, Leiden, The Netherlands, LNCS vol. 12269, 433-447, (140 pkt MNiSW)
- 5) S. Kaźmierczak, J. Mańdziuk, (2020), A Committee of Convolutional Neural Networks for Image Classification in the Concurrent Presence of Feature and Label Noise, *Parallel Problem Solving from Nature (PPSN'2020)*, Leiden, The Netherlands, LNCS vol. 12269, 498-511, (140 pkt MNiSW)
- 6) J. Karwowski, J. Mańdziuk, A. Żychowski, F. Grajek, B. An, (2019), A Memetic Approach for Sequential Security Games on a Plane with Moving Targets, *Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI'2019)*, Honolulu, HI, USA, 970-977, (200 pkt MNiSW)
- 7) M. Okulewicz, J. Mańdziuk, (2019), A metaheuristic approach to solve Dynamic Vehicle Routing Problem in continuous search space, *Swarm and Evolutionary Computation*, vol. 48, 44-61, Elsevier, (140 pkt MNiSW)
- 8) J. Karwowski, J. Mańdziuk, (2019), A Monte Carlo Tree Search approach to finding efficient patrolling schemes on graphs, *European Journal of Operational Research*, vol. 277, 255-268, Elsevier, (140 pkt MNiSW)
- 9) J. Mańdziuk, A. Żychowski, (2019), DeepIQ: A Human-Inspired AI System for Solving IQ Test Problems, *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN'2019)*, Budapest, Hungary, 1-8, (140 pkt MNiSW)
- 10) J. Mańdziuk, J. Suchan, (2019), Who should bid higher, NS or WE, in a given deal?, *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN'2019)*, Budapest, Hungary, 1-8, (140 pkt MNiSW).

7. Wnioskowanie i modelowanie statystyczne w problemach regresyjnych

Lider zespołu: prof. dr hab. Jan Mielniczuk

Badania zespołu dotyczą wykrywania zależności regresyjnych metodami statystycznymi i uczenia maszynowego i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- selekcja zmiennych dla problemów wysokowymiarowych w przypadku odpowiedzi ilościowej i jakościowej
- modelowanie różnicowe i pomiar efektu wpływu (uplift modelling)

- testowanie warunkowej niezależności metodami teorii informacji i ich wykorzystanie w selekcji zmiennych
- klasyfikacja wieloetykietowa
- wnioskowanie dla danych z częściową obserwowalnością typu PU
- wnioskowanie dla silnie zależnych szeregów czasowych
- wykrywanie zależności przyczynowych
- metody głębokiego uczenia.

W skład zespołu wchodzi: prof. dr hab. inż. Szymon Jaroszewicz i dr Paweł Teisseyre. Zespół otacza opieką naukową dwójkę doktorantów MiNI PW.

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) M. Kubkowski, J. Mielniczuk, P. Teisseyre (2021) How to gain on power: novel conditional independence tests based on short expansion of Conditional Mutual Information, *Journal of Machine Learning Research*, 22, 1-57 (140 pkt MEiN)
- 2) P. Teisseyre, J. Mielniczuk, M. Łazęcka, Different strategies of fitting logistic regression for positive and unlabeled data (2020), *Proceedings of the International Conference on Computational Science ICCS'20* (ranking CORE A, 140 pkt MEiN)
- 3) J. Mielniczuk, P. Teisseyre (2019) Stopping rules for mutual information-based feature selection, *Neurocomputing*, 358, 255-274 (140 pkt MEiN)
- 4) K. Rudaś, S. Jaroszewicz (2018) Linear regression for uplift modeling. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 32, 1275-1305 (140 pkt MEiN)
- 5) P. Teisseyre, Classifier Chains For Positive Unlabelled Multi-Label Learning, *Knowledge-Based Systems*, 213 (2021), Str. 1 – 16 (200 pkt MEiN)
- 6) B. Żogała-Siudem, S. Jaroszewicz. (2021) Fast stepwise regression based on multidimensional indexes. *Information Sciences*, 549, 288-309 (200pkt MNiSW).

8. *Laboratorium Bioinformatyki i Genomiki Obliczeniowej*

Lider zespołu: prof. dr hab. Dariusz Plewczyński

Badania zespołu dotyczą bioinformatyki i genomiki obliczeniowej w zastosowaniu do badania zmienności genomu ludzkiego i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- GENOMIKA STRUKTURALNA (wykonujemy badania teoretyczne i eksperymentalne w celu analizy i przewidywania struktury 3D genomu ludzkiego)
- GENOMIKA FUNKCJONALNA (badamy zależność poziomów ekspresji wybranych genów od ich lokalizacji w przestrzeni 3D)
- UCZENIE STATYSTYCZNE (eksploracja danych, biostatystyka. Aby zrozumieć złożone dane biologiczne, stosujemy techniki uczenia maszynowego w celu wyodrębnienia wielowymiarowych zależności między wieloskalowymi cechami genomowymi w tym genotypem, oraz fenotypem).

Używana metodologia obejmuje:

- statystyczną analizę danych (analiza skupień, redukcja wymiarowości, selekcja i określanie rankingu cech, uczenie maszynowe i głębokie metodologie obliczeniowe)
- genomikę obliczeniową w zastosowaniu do badania zmienności sekwencji genomu ludzkiego w skali populacyjnej z wykorzystaniem różnych źródeł danych doświadczalnych (badania GWAS, EWAS, TWAS, sekwencjonowanie nowej generacji: krótkie i długie odczyty, mikromacierze aCGH)
- bioinformatykę (analiza sekwencji i struktury białek, RNA, DNA, przewidywanie struktury trójwymiarowej biomolekuł)
- połączenie metod uczenia głębokiego oraz biofizycznej teorii biopolimerów, w tym symulacje komputerowe struktury trójwymiarowej chromatyny (organizacja wyższego rzędu, epigenetyka, domeny związane topologicznie, chromatynowe domeny kontaktowe, pętle chromatynowe,

nukleosomy, kompartmentalizacja genomu ssaków) w celu mechanistycznego powiązania sekwencji DNA, struktury przestrzennej oraz funkcji biologicznej genomów

- wysokoprzepustowa analiza sekwencji DNA, identyfikacja wariantów strukturalnych i mutacji pojedynczych nukleotydów SNP, danych z doświadczeń epigenomiki, transkrypcji i bioobrazowania super-rozdzielczego
- badanie zmienności przestrzennej i czasowej jądra komórkowego, lepsze zrozumienie funkcji wybranych rejonów DNA, opisanie różnicowania struktury genomu oraz transkryptomu w populacjach komórek
- identyfikacja przestrzennych więzów wymuszających naturalną selekcję na poziomie molekularnym w trakcie zmian ewolucyjnych, ich wpływ na proces różnicowania się komórek ssaków, obserwowaną zmienność między osobnikami tego samego gatunku
- zastosowania w zrozumieniu podstaw molekularnych powstawania i rozwoju chorób nowotworowych i autoimmunologicznych, oraz neurodegeneracyjnych.

Wyposażenie Laboratorium Bioinformatyki i Genomiki Obliczeniowej:

- profesjonalny pakiet gSuite na potrzeby pracy zespołowej (firma Google)
- trzy super-komputery DGX A100 NVIDIA, adam-1 (2TB RAM), adam-2/3 (1 TB RAM)
- 1PB ultra-wydajna macierz dyskowa DDN eva
- klaster dobrze wyposażonych graficznych workstacji developerskich.

W skład zespołu wchodzi: mgr Michał Kadlof, mgr inż. Michał Denkiewicz, mgr inż. Michał Własnowolski, mgr inż. Mateusz Chiliński (doktorant), mgr Sebastian Korsak (doktorant), mgr Krzysztof Banecki (doktorant), mgr Zofia Tojek (doktorantka). Z laboratorium współpracuje dr Michał Łażniewski, dr Karolina Jodkowska oraz dr Teresa Szczepińska z Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CeZaMaT PW, oraz zespół biologów z Laboratorium Genomiki Funkcjonalnej i Strukturalnej CeNT UW.

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) Sadowski M., Kraft A., Szalaj P., Własnowolski M., Tang Z., Ruan Y., Plewczyński D.: Spatial chromatin architecture alteration by structural variations in human genomes at the population scale, *Genome Biology*, BioMed Central, vol. 20, 2019, (200 pkt, IF-10,806)
- 2) Trzaskoma P., Ruszczycki B., Lee B., Pels K., Krawczyk K., Bokota G., Szczepankiewicz A., Aaron J., Walczak A., Plewczyński D.: Ultrastructural visualization of 3D chromatin folding using volume electron microscopy and DNA in situ hybridization, *Nature Communications*, vol. 11, 2020, s. 1-9, (200 pkt, IF-12,121)
- 3) Własnowolski M., Sadowski M., Czarnota T., Jodkowska K., Szalaj P., Tang Z., Ruan Y., Plewczyński D.: 3D-GNOME 2.0: a three-dimensional genome modeling engine for predicting structural variation-driven alterations of chromatin spatial structure in the human genome, *Nucleic Acids Research*, Oxford University Press, vol. 48, nr W1, 2020, W170-W176, (200 pkt, IF-11,501)
- 4) Wang P., Tang Z., Lee B., Zhu JJ, Cai L., Szalaj P., Tian SZ, Zheng M., Plewczyński D., Ruan X., Liu ET, Wei CL, Ruan Y., Chromatin topology reorganization and transcription repression by PML-RAR α in acute promyeloid leukemia, *Genome Biology* 2020 May 11;21(1):110 (200 pkt MNiSW)
- 5) Sadowski M., Kraft A., Szalaj P., Własnowolski M., Tang Z., Ruan Y., Plewczyński D., Spatial chromatin architecture alteration by structural variations in human genomes at the population scale, *Genome Biology* 2019 Jul 30;20(1):148 (200pkt MNiSW)
- 6) Al Bkhetan Z., Kadlof M., Kraft A., Plewczyński D., Machine learning polymer models of three-dimensional chromatin organization in human lymphoblastoid cells, *Methods* 2019 Mar 7. pii: S1046-2023(18)30334-7 (200pkt MNiSW)
- 7) Al Bkhetan Z., Plewczyński D. Three-dimensional Epigenome Statistical Model: Genome-wide Chromatin Looping Prediction” *Scientific Reports* Volume: 8 Article Number: 5217 Published: MAR 26, 2018 (140 pkt MNiSW)

- 8) Szalaj P., Plewczyński D., Three-dimensional organization and dynamics of the genome, *Cell Biology and Toxicology* Volume: 34 Issue: 5 Pages: 381-404, 2018 (100 pkt MNiSW)
- 9) Dekker J., Belmont AS, Guttman M., Leshyk VO, Lis JT, Lomvardas S., Mirny LA, O'Shea CC, Park PJ, Ren B., Politz JCR, Shendure J., Zhong S.; The 4D nucleome project, *Nature* 549 Issue: 7671, Pages: 219-226 Published: SEP 14, 2017, (200 pkt, IF-44.959)
- 10) Szałaj P., Tang Z., Michalski P., Pietal MJ, Luo OJ, Sadowski M., Li X., Radew K., Ruan Y., Plewczyński D. An integrated 3-Dimensional Genome Modeling Engine for data-driven simulation of spatial genome organization, *Genome Research* Volume: 26 Issue: 12 Pages: 1697-1709 Published: DEC 2016, (200 pkt, IF- 13.796).

Wybrane granty badawcze z ostatnich 5 lat:

- 1) Dariusz Plewczyński uzyskał w roku 2020 finansowanie Ministerialne w wysokości prawie 2.5 mln PLN na zakup klastra nowoczesnych superkomputerów NVIDIA A100 o mocy 5 PFLOPS każdy na potrzeby Laboratorium Bioinformatyki i Genomiki Obliczeniowej Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej w celu analizy i interpretacji sekwencji DNA genomu ludzkiego. Zakup zostanie przeprowadzony w ramach środków finansowych na realizację inwestycji związanej z działalnością naukową pt. „System sztucznej inteligencji do interpretacji sekwencji DNA genomu ludzkiego”. Superkomputer integruje w sobie osiem najnowszych procesorów graficznych NVIDIA A100 Tensor Cores oddając do dyspozycji pierwszy system SI z akceleracją GPU w Polsce o wydajności 5 PFLOPS i jednocześnie pierwszą w historii infrastrukturę, która może służyć zarówno przygotowaniu danych i analityki, jak też głębokiemu uczeniu i wnioskowaniu, oraz symulacjom biofizycznym. Dzięki projektowi powstanie na Politechnice Warszawskiej unikalna, uniwersalna, szybka, skalowalna i łatwa do wdrożenia infrastruktura dla sztucznej inteligencji do interpretacji sekwencji DNA genomu ludzkiego w skali populacyjnej.
- 2) Z kolei grant TEAM Dariusza Plewczyńskiego realizowany aktualnie w Laboratorium Genomiki Funkcjonalnej i Strukturalnej Centrum Nowych Technologii Uniwersytet Warszawski, przyznany przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej (FNP) został przyznany na badanie relacji pomiędzy strukturą trójwymiarową genomu a występowaniem i charakterem zmian sekwencji jednowymiarowej ludzkiej nici DNA. Zespół prof. Plewczyńskiego stworzył algorytm komputerowy, który w przyszłości – w ramach procedur medycyny spersonalizowanej – będzie mógł być powszechnie wykorzystywany w gabinetach diagnostycznych. Lekarz po zsekwencjonowaniu genomu pacjenta, dzięki zaproponowanemu algorytmowi, będzie mógł zwizualizować przestrzenny, mechanistyczny i dynamiczny model jego genomu. Następnie może zidentyfikować niepokojące rearanżacje i mutacje sekwencyjne oraz odpowiadające im zmiany strukturalne, jak również wykonać analizę funkcjonalną zaobserwowanych u pacjenta jednowymiarowych zmian genomicznych.
- 3) Badania w ramach grantu PRELUDIUM BIS „Przestrzenny model sieciowy zróżnicowania sekwencji i struktury genomu ludzkiego w skali populacyjnej” realizowanego na Politechnice Warszawskiej, które są realizowane na klastrze superkomputerów NVIDIA przyczynią się do zaproponowania nowatorskich terapii i leków, które będą aktywnie zmieniały strukturę trójwymiarową genomu ludzkiego przeprowadzając komórkę ze stanu chorego do stanu zdrowego. Taki mechanistyczny trójwymiarowy model tworzony w oparciu o indywidualną sekwencję genomiczną pacjenta może stanowić unikalny wkład badań prowadzonych przez Prof. dr hab. Dariusza Plewczyńskiego w medycynę precyzyjną. Dodatkowo, dane eksperymentalne uzyskane w kierowanych przez badacza projektach pozwolą na lepsze zrozumienie czynników molekularnych wpływających na organizację genomu oraz mechanizmy biofizyczne za nią odpowiedzialne, dzięki czemu możliwe będzie pogłębienie wiedzy o rodzinnej i populacyjnej różnorodności genomu ludzkiego.

9. Komputerowe Wspomaganie Medycyny

Lider zespołu: prof. dr hab. inż. Artur Przelaskowski

Badania zespołu dotyczą szeroko pojętej teorii informacji, metod formalizacji wiedzy dziedzinowej oraz modelowania zjawisk w zakresie semantyczno-poznawczym. Celem użytkowym jest uformowanie

skutecznej reprezentacji istoty przedmiotu badań. W szczególności, aktywność koncentruje się wokół następujących zagadnień:

- rozumienie, rozpoznawanie i interpretacja danych
- modelowanie semantyki danych
- przetwarzanie i analiza obrazów
- rzadkie reprezentacje sygnałów
- ocena jakości i wiarygodności danych
- subiektywne testy oceny wiarygodności danych
- doskonalenie (rekonstrukcje, pomiary rzadkie, fantomy etc.) systemów obrazowania medycznego (CT, radiografia, USG, med. nuklearna, podczerwień, tomosynteza)
- wspomaganie obrazowej diagnostyki medycznej w zakresie detekcji i interpretacji symptomów raka sutka, prostaty, oskrzeli, płuc, trzustki etc., udaru mózgu, wodogłowia, sarkoidozy, kurczliwości serca etc.
- wspomaganie decyzji klinicznych, np. dot. trombolizy, koniecznej biopsji, wyboru ścieżki terapeutycznej
- konstrukcja medycznych systemów informacyjnych, telemedycznych (telediagnostyka)
- modele wiedzy (ontologie raka sutka, udaru mózgu)
- inteligencja wzmocniona (rozszerzona)
- przetwarzanie, prezentacja i kompresja multimediów.

W skład zespołu wchodzi: dr inż. Magdalena Jasionowska-Skop, dr inż. Grzegorz Ostrek.

Zespół ma doświadczenie w wieloletniej współpracy z ośrodkami medycznymi (Kliniki, Szpitale, Ośrodki Zdrowia, Centra itp.). Integruje wiedzę i umiejętności z obszaru informatyki, elektroniki oraz inżynierii biomedycznej koncentrując się na interdyscyplinarnej inżynierii wspomagającej człowieka (humancentric engineering).

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) Hryniewska W., Bombiński P., Szatkowski P., Tomaszewska P., Przelaskowski A., Biecek P., Checklist for responsible deep learning modeling of medical images based on COVID- 19 detection studies. Pattern Recognition 18:1080351, 2021 (140 pkt MEiN)
- 2) Sobiecki P., Jóźwiak R., Sklinda K., Przelaskowski A., Effect of domain knowledge encoding in CNN model architecture – a prostate cancer study using mpMRI images, PeerJ 9:e11006, 2021 (100 pkt MEiN)
- 3) Nowisz J., Kopania M., Przelaskowski A., Realtime flicker removal for fast video streaming and detection of moving objects. Multimedia Tools and Applications 80, pages14941–60, 2021 (70 pkt MEiN)
- 4) Koczkodaj W., Liu F., Marek V.W., Mazurek J., Mazurek M., Mikhailov L., Özel C., Pedrycz W., Przelaskowski A., Schumann A., Smarzewski R., Strzalka D., Szybowski J., Yayli Y., On the use of group theory to generalize elements of pairwise comparisons matrix: A cautionary note, International Journal of Approximate Reasoning 124, 59–65, 2020 (140 pkt MEiN)
- 5) Jasionowska M., Przelaskowski A., Wavelet-like selective representations of multidirectional structures: a mammography case, Pattern Analysis and Applications, 22:1399–1408, 2019 (70 pkt MEiN)
- 6) Cizek B., Jóźwiak R., Sobieszczuk E., Przelaskowski A., Skadorwa T., Stroke Bricks – spatial brain regions to assess ischemic stroke location, Folia morphologica, 76(4):568-573, 2017. (70 pkt MEiN).

10. Zastosowanie sztucznej inteligencji w bezpieczeństwie żywności

Lider zespołu: prof. dr hab. inż. Radosław Pytlak

Badania zespołu koncentrują się na wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji, w tym technik języka naturalnego (technik NLP) do zarządzania procesami związanymi z bezpieczeństwem żywności. Badania obejmują następujące zagadnienia:

- zastosowanie metod sztucznej inteligencji do automatyzacji procesu systematycznego przeglądu literatury – SLR (Systematic Literature Reviews)
- Wykorzystanie ontologii w dziedzinie bezpieczeństwa żywności do semantycznej analizy danych tekstowych
- zastosowanie metod aktywnego uczenia maszynowego do klasyfikacji dokumentów poddanych analizie semantycznej
- wykorzystanie warunkowych pól losowych do tworzenia modeli CRF realizujących rozpoznawanie wyrażen (modele NER) w dokumentach z dziedziny bezpieczeństwa żywności
- opracowanie procedur optymalizacji realizujących metody zmiennej metryki o ograniczonej pamięci do uczenia modeli realizujących CRF oraz do rozwiązywania zadań dualnych modeli SVM stosowanych w klasyfikacji dokumentów
- klasyfikacja dokumentów z wykorzystaniem ‘embeddings’ uzyskanych za pomocą modeli sieci neuronowych typu BERT
- budowa modeli epidemii chorób przenoszonych drogą pokarmową w oparciu o metodykę System Dynamics.

Członkowie zespołu: dr inż. Anna Wróblewska (Wydział MINI), dr inż. Paweł Cichosz, dr inż. Zbigniew Wawrzyniak (Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych), dr inż. Bartłomiej Fajdek, mgr inż. Damian Suski (Wydział Mechatroniki). Aktualnie prace w zespole badawczym prowadzone są w ramach projektu międzynarodowego „Machine Learning-based systems for the automation of systematic literature reviews in food safety domain” finansowanego z funduszy norweskich. Projekt jest realizowany przez konsorcjum międzynarodowe. Jego liderem jest Politechnika Warszawska a kierownikiem prof. dr hab. inż. Radosław Pytlak. Całkowity budżet grantu 5 650 000 zł.

11. Układy hybrydowe – symulacja i sterowanie optymalne

Lider zespołu: prof. dr hab. inż. Radosław Pytlak

Badania zespołu dotyczą opracowania teorii wrażliwości układów hybrydowych (układów dynamicznych, które posiadają zarówno stany dyskretnie wskazujące na równanie różniczkowe opisujące układ jak i stany ciągłe, które są wynikiem rozwiązania tych układów). Badania koncentrują się na następujących zagadnieniach:

- badania własności opisu układów hybrydowych za pomocą równań różniczkowo – algebraicznych z uwzględnieniem opisu ruchu ślizgowego przedstawianego poprzez uogólnione równania Filipowa
- opracowanie i implementacja procedur numerycznych do całkowania układów hybrydowych uwzględniających dokładne określenia czasów przełączenia stanów dyskretnych
- badanie wrażliwości układów hybrydowych w oparciu o równania zlinearyzowane i równania sprzężone
- opracowanie i implementacja algorytmów do rozwiązywania zadań sterowania optymalnego z układami hybrydowymi uwzględniającymi ruch ślizgowy
- opracowanie języka do modelowania, symulacji i optymalizacji układów hybrydowych – rozszerzenie funkcjonalności języka DOML (Dynamic Optimization Modeling Language) opracowanego na Politechnice Warszawskiej
- zastosowanie sterowania optymalnego do planowania procesów hemodializy, których są opisywane za pomocą układów hybrydowych.

Członkowie zespołu: dr inż. Bartłomiej Fajdek, mgr inż. Damian Suski (wydział Mechatroniki PW), dr inż. Wojciech Stecz (Wojskowa Akademia Techniczna), prof. dr hab. Stanisław Niemczyk, dr Aleksandra Rymarz (Wojskowy Instytut Medyczny).

Wybrane najważniejsze publikacje z ostatnich 5 lat:

- 1) Łatuszko, M., Pytlak, R. Methods for solving the mean query execution time minimization problem. *European Journal of Operational Research*, Vol. 246, ss. 582-596, 2015 (140 pkt)
- 2) Pytlak, R., Suski, D. On solving hybrid optimal control problems with higher index DAEs, *Optimization Methods & Software*, 2017, Vol. 32, ss. 940-962 (70 pkt)
- 3) Stecz, W., Pytlak, R., Rymarz, A., Niemczyk, S., Application of dynamic optimisation for planning a haemodialysis process, *BMC Nephrology*, 2019, Vol. 20, ss. 1-11 (100 pkt)
- 4) Pytlak, R., Suski, D. Planning a haemodialysis process by minimum time control of hybrid systems with sliding motion, 2021, *Proceedings of the 60th IEEE CDC*, 13-17.12.2021 Austin, USA, ss. 1-8 (140 pkt).

1.2.2. Najważniejsze osiągnięcia naukowe Wydziału będące wynikiem badań prowadzonych w jednostce związanych z kierunkiem studiów Inżynieria i Analiza Danych

1.2.2.1 Kategoria naukowa i publikacje

Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych zatrudnia grono pracowników badawczo-dydaktycznych i badawczych z których zdecydowana większość jest przypisana do dyscypliny *Matematyka* oraz *Informatyka techniczna i telekomunikacja*. Wydział odznacza się wysoką pozycją naukową – w okresie, w którym stosowano ocenę jednostek organizacyjnych uczelni, Wydział miał nadaną kategorię A, którą uzyskał m.in. w ocenie parametrycznej jednostek naukowych przeprowadzonej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego za okres od 1 stycznia 2013 r. do 31 grudnia 2016 r. (Decyzja nr 494/KAT/2017 z dnia 30 listopada 2017 r.).

Rada Wydziału posiadała również na koniec roku 2018 uprawnienia do nadawania stopnia doktora i doktora habilitowanego w dziedzinie nauk matematycznych w dyscyplinie Matematyka oraz stopnia doktora i doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie: Informatyka. Obecnie uprawnieniami nadawania stopnia doktora i doktora habilitowanego w dyscyplinie *Informatyka techniczna i telekomunikacja* oraz *Matematyka* dysponują odpowiednio Rada Naukowa Dyscypliny *Informatyka techniczna i telekomunikacja* oraz Rada Naukowa Dyscypliny *Matematyka*.

Działalność naukowa przedstawicieli dyscypliny *Informatyka techniczna i telekomunikacja* obecnych na Politechnice Warszawskiej znalazła również odzwierciedlenie w powołaniu przez uczelnię dwóch Priorytetowych Obszarów Badawczych (POB) w ramach działań uczelni badawczej: *Cyberbezpieczeństwo i Analiza Danych* oraz *Sztuczna Inteligencja i Robotyka*. W szczególności, zespoły badawcze związane z kierunkiem IAD otrzymały w wyniku procedur konkursowych granty badawcze finansowane ze środków finansowych dedykowanych dla obu w/w POB.

Wymiernym wyrazem aktywności naukowej pracowników Wydziału są m.in. publikacje naukowe, których sumaryczne zestawienie w ostatnich pięciu latach zawarto w tabeli nr 1.1, w tym liczne publikacje w prestiżowych czasopiśmie z listy JCR i materiałach konferencyjnych.

Kategoria/Rok	2017	2018	2019	2020	2021
Prace za 200 pkt	7	5	6	14	16
Prace za 140 pkt	20	17	24	40	26
Prace za 100 pkt	31	27	26	25	28
Prace za 70 pkt	36	31	39	28	15
Prace za 40 pkt	15	7	9	11	6

Prace za 20 pkt	8	8	5	3	1
Pozostałe prace naukowe	24	30	22	5	6
Monografie, podręczniki akademickie (ang.)	0	1	0	2	0
Monografie, podręczniki akademickie (pol.)	0	1	0	0	0
Redakcja monografii/podręcznika akademickiego (ang.)	2	1	1	1	0
Rozdział w monografii/podręczniku akademickim (ang.)	1	2	2	11	1
Rozdział w monografii/podręczniku akademickim (pol.)	0	0	0	2	0
Inne publikacje naukowe	8	5	2	1	0
Inne publikacje	8	5	0	0	0
Razem	160	140	136	143	99
Prace na zlecenie biznesu (dane zbierane od 2020 r.)	0	0	0	14	14

Tabela 1.1. Publikacje pracowników Wydziału - dane sumaryczne. Uwaga: dane za rok 2021 to dane za jedynie część roku.

Liczna grupa spośród w/w publikacji to publikacje w czasopismach listy JCR i w materiałach prestiżowych konferencji międzynarodowych. Publikacje bezpośrednio związane z kierunkiem IAD ukazały się w roku 2021 m.in. w czasopismach *Information Sciences* (4 prace, 200pkt w *Wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych* MEiN), *Knowledge-Based Systems* (200 pkt), *Applied Soft Computing* (200 pkt), *SIAM Journal on Computing* (200pkt), *Journal of Machine Learning Research*, *International Journal of Forecasting*, *Fuzzy Sets and Systems*, jak również w materiałach konferencji *ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, *International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, *International Conference on Neural Information Processing*, *Journal of Machine Learning Research*, *IEEE International Conference on Document Analysis and Recognition*, *International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science*, *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, *ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, *Annual European Symposium on Algorithms*. W/w prace to wyłącznie przykłady z bieżącego roku i tylko publikacji, którym *Wykaz czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych* Ministerstwa Edukacji i Nauki przypisuje 200 pkt lub 140 pkt.

1.2.2.2 Granty

Badania w dyscyplinie *Informatyka techniczna i telekomunikacja* były realizowane m.in. w ramach grantów NCN, NCBiR oraz grantów międzynarodowych. Poniżej przedstawiono granty, których liderem lub jednym z partnerów była Politechnika Warszawska, a kierownikiem grantu lub zespołu ze strony Politechniki Warszawskiej był przedstawiciel Wydziału przypisany do dziedziny nauk inżynierjno-technicznych. Wybrano tylko granty, których tematyka była związana z kierunkiem.

Granty Narodowego Centrum Nauki:

- 2020-2025, HOMER: *Uczenie maszynowe zorientowane na człowieka (SONATA BIS; edycja 9)*
- 2020-2024, *Przestrzenny model sieciowy różnicowania sekwencji i struktury genomu ludzkiego w skali populacyjnej (PRELUDIUM BIS; edycja 1)*
- 2018-2021, DALEX: *Lokalne, brzegowe i globalne objaśnienia złożonych modeli uczenia maszyn (OPUS; edycja 14)*
- 2018-2020 *Metody symulacyjne w wielokrokowych Grach Obronnych Stackelberga w kontekście zagadnień bezpieczeństwa publicznego (OPUS; edycja 13)*
- 2017-2020, MLGenSig (*Machine Learning Genetic Signatures*) *Metody uczenia maszynowego w budowie zintegrowanych sygatur genetycznych (OPUS; edycja 11)*
- 2013-2017, *Nowe algorytmy i struktury dla procesorów GPU wykonujące masowe operacje na danych (SONATA, edycja 4)*

- 2013-2017, *Autonomiczne, samoadaptujące się metody metaheurystyczne w środowiskach dynamicznych (OPUS, edycja 5).*

Z kierunkiem bezpośrednio związane są również wieloletnie granty Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, skoncentrowane na analizie danych, w których uczestniczyły zespoły badawcze związane z kierunkiem IAD. Granty te angażowały zarówno pracowników Wydziału, jak i studentów Wydziału.

Granty Narodowego Centrum Badań i Rozwoju:

- 2021-2025, NCBiR, Infostrateg I, *Godna zaufania sztuczna inteligencja wspierająca identyfikację zmian chorobowych w płucach na bazie danych obrazowych*
- 2018-2019, NCBiR, POIR 2014-2020, *Nethone ATO Sztuczna inteligencja, biometria oraz zaawansowane profilowanie dla innowacyjnej ochrony kont użytkowników w bankowości elektronicznej*
- 2018-2019, NCBiR, POIR 2014-2020, *Modelowanie ryzyka kredytowego w oparciu o dane społecznościowe*
- 2014-2016, NCBiR PBS, LOKKOM, *Kompleksowe metody wyznaczania lokalizacji terminala sieci telefonii komórkowej przemieszczającego się w terenie otwartym i budynkach.*

Ważnym elementem dorobku Wydziału są również granty konsorcjalne realizowane wspólnie z partnerami zagranicznymi (m.in. Instytut Fraunhofera, IBM Irlandia, Technion (Izrael), Uniw. W Atenach), w tym szczególnie granty VaVeL oraz CoMobility, których wnioski uzyskały najwyższą ocenę w konkursach grantowych.

Granty finansowane ze środków zagranicznych:

- 2021-2024, IdeaLab 2020: Icelend, Liechtenstein, Norway Grants. *CoMobility. Co-designing Inclusive Mobility*
- 2020-2022, POLNORD, *Machine Learning-based systems for the automation of systematic literature reviews in food safety domain*
- 2016-2017, Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego, *Opracowanie algorytmów planowania dynamicznego*
- 2016-2018, Horizon 2020, ICT-16 Big Data. *VaVeL: Variety, Veracity, VaLue: Handling the Multiplicity of Urban Sensors.*

Ważną rolę w wykorzystaniu kompetencji pracowników Wydziału i wyników badań związanych z kierunkiem, a zatem pozyskiwaniu nowych doświadczeń, oprócz w/w grantów odgrywały również prace badawczo-rozwojowe realizowane na zlecenie przedsiębiorstw, które bezpośrednio odnosiły się do zagadnień analizy danych i wykorzystywały m.in. metody uczenia maszynowego i innych obszarów sztucznej inteligencji.

Prace badawczo-rozwojowe na zlecenie biznesu:

- 2016-2017, Barlinek S.A, *Opracowanie narzędzia do optymalizacji struktury surowca*
- 2014-2017, EO Networks S.A, *Narzędzie analityczne do wykrywania Web Spam*
- 2016, Orange Labs Polska, *Wykrywanie aktywności botnetów na podstawie cech niskopoziomowych*
- 2015-2016, Orange Labs Polska, *Analiza jakości ruchu sieciowego*
- 2015, Veolia Poland, *Estymacja zapotrzebowania budynku na pobór ciepła*
- 2014, Dalkia Polska, *Analiza danych telemetrycznych.*

1.2.2.3 Nagrody

Pracownicy Wydziału związani z kierunkiem Inżynieria i Analiza Danych otrzymali nagrody w konkursie na najlepszy artykuł naukowy *Best Paper* przyznawaną przez IDUB PW między innymi: dr hab. inż. Przemysław Biecek, dr Anna Cena, dr hab. inż. Marek Gągolewski, prof. Władysław Homenda, dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska, prof. Dariusz Plewczyński, mgr inż. Michał Własnowolski.

1.2.2.4 Awanse naukowe

Dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych					
Tytuł/stopień	2017	2018	2019	2020	2021
prof.	0	1	1	0	0
dr hab.	1	0	0	0	1
dr	5	1	2	0	0
Wszystkie dziedziny razem					
	2017	2018	2019	2020	2021
prof.	1	2	1	2	0
dr hab.	2	1	1	1	0
dr	8	7	5	0	3

Tabela 1.2 Awanse naukowe pracowników Wydziału

Pracownicy Wydziału systematycznie podnoszą swoje kompetencje, co ma odzwierciedlenie w awansach naukowych. Tabela 1.2 przedstawia podsumowanie liczby awansów naukowych w ostatnich latach. Na uwagę zasługują dwa tytuły profesora i dwa stopnie doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych nadane pracownikom Wydziału w okresie 2017-2021 oraz łącznie osiem stopni doktora.

1.2.3 Sposób wykorzystania wyników działalności naukowej w opracowaniu, realizacji i doskonaleniu programu studiów

Wyniki działalności naukowej zespołów naukowych Wydziału stanowiły istotny przyczynek do opracowania programu studiów, zarówno w jego części definiowanej przez przedmioty obowiązkowe, jak i przedmioty obieralne. Jednym z celów utworzenia kierunku było wprowadzenie programu studiów, który powiąże rozwój dziedziny Data Science z szeroko zakrojonymi badaniami prowadzonymi na Wydziale w różnych obszarach przetwarzania i analizy danych. Uruchomienie kierunku IAD miało m.in. na celu wykorzystanie szans, jakie stwarzała możliwość zapewnienia synergii badań i kształcenia. Jednocześnie, klasyczny tok kształcenia np. przyszłych programistów zasadnie ograniczał np. zakres nauczania w obszarze uczenia maszynowego i jego podstaw matematycznych. Z tego również powodu podjęto decyzję o uruchomieniu nowego kierunku studiów oferowanego równolegle z obecnym od wielu lat na Wydziale kierunkiem *Informatyka i Systemy Informacyjne* (dawniej: *Informatyka*). Rozwiązanie to zapewniło możliwość całościowego przygotowania studentów kierunku IAD już w ramach studiów pierwszego stopnia do wykorzystania, ale również rozwoju metod Data Science. Tym samym możliwe stało się wykorzystanie szans stwarzanych przez obecność na Wydziale szczególnie wielu zespołów badawczych aktywnych w tym obszarze.

W ramach przedmiotów dedykowanych dla kierunku IAD oprócz przedstawienia kanonu wiedzy oraz budowy związanych z nimi umiejętności następuje prezentacja przykładów zagadnień badawczych nad którymi pracują aktualnie zespoły badawcze Wydziału i światowe środowisko naukowe oraz wyników uzyskanych w ostatnim okresie. Prezentacji tej towarzyszą następujące rozwiązania zapewniające wykorzystanie, a nawet rozwój wyników działalności naukowej:

- angażowanie studentów w badania naukowe poprzez np. uruchamianie projektów realizowanych w ramach zajęć, które stosują rozwiązania takie jak:
 - wykorzystanie wyników działalności naukowej zespołów badawczych Wydziału do podejmowania nowych pokrewnych zadań przez zespoły studenckie
 - udział studentów kierunków w przygotowaniu publikacji naukowych, których przykłady podano powyżej
- wykorzystanie unikalnych zasobów danych zgromadzonych i przetworzonych w dotychczasowych projektach np. danych dedykowanych dla zadania wyznaczania lokalizacji obiektów mobilnych w budynkach z użyciem metod sztucznej inteligencji (dane pozyskane w łącznie 14 obszarach testowych w czterech budynkach, projekt LOKKOM), czy też predykcji opóźnień pojazdów (dane ścieżek przejazdów i opóźnień komunikacji miejskiej pozyskane dla ponad 1000 jednocześnie aktywnych pojazdów komunikacji miejskiej za okres kilkunastu miesięcy, projekt VaVeL)
- udział studentów w wykorzystaniu i rozwoju otwartego oprogramowania badawczego tworzonego przez zespoły badawcze Wydziału
- przygotowanie prac dyplomowych związanych z aktualnie realizowanymi pracami badawczymi na Wydziale
- wsparcie studentów w wykorzystaniu platform informatycznych i bibliotek o charakterze badawczym współtworzonych przez pracowników Wydziału np. pakietu metod uczenia maszynowego dedykowanych dla strumieni danych (projekt MOA, Massive Online Analysis).

Wykorzystanie wyników działalności naukowej w doskonaleniu programu studiów to stały proces powiązany z regularną aktualizacją treści kształcenia poszczególnych przedmiotów i programu studiów. W ramach doskonalenia programu studiów następuje m.in.:

- stałe monitorowanie trendów naukowych np. rozwoju nowych technik uczenia głębokiego pod kątem aktualizacji treści nauczania poszczególnych przedmiotów. W zależności od skali zmian, zmiany w tym zakresie mogą być podejmowane przez koordynatora przedmiotu (jeśli nie zmieniają założeń zawartych w karcie przedmiotu) lub we współpracy z zespołem Komisji Programowej kierunku
- analiza potrzeb aktualizacji treści nauczania w pokrewnych przedmiotach pod kątem zapewnienia wiedzy i umiejętności właściwej dla nowego planowanego zakresu przedmiotów kierunkowych (np. modyfikacja zakresu nauczania algebry liniowej pod kątem poszerzonego przygotowania do dyskusji metod analizy danych). Potrzeby w tym zakresie są zgłaszane do Komisji Programowej kierunku, która podejmuje stosowne decyzje związane z doskonaleniem kierunku.

Wynikiem wykorzystania wyników działalności naukowej w opracowaniu, realizacji i doskonaleniu programu studiów jest bardzo wysoki stopień synergii programu studiów i działalności naukowej. Koordynatorzy przedmiotów i autorzy wykładów bardzo często są liderami zespołów badawczych prowadzącymi badania w tym samym obszarze (np. prof. dr hab. Inż. J. Mańdziuk: przedmiot *Deep Learning*, prof. dr hab. J. Mielniczuk: *Advanced Machine Learning*, dr hab. inż. P. Biecek, prof. uczelni: przedmiot *Data Exploration and Visualisation*, dr hab. inż. M. Gągolewski, prof. uczelni: przedmiot *Social Networks and Recommendation Systems*, dr hab. inż. M. Grzenda, prof. uczelni: przedmiot *Big Data Analytics*). Efektem tej synergii jest systematyczne wprowadzanie studentów pierwszego i drugiego stopnia w wyniki badań naukowych poszczególnych zespołów oraz udział w ich tworzeniu. Ważnym efektem synergii badań i programu kształcenia jest również przygotowanie studentów do przyszłej pracy badawczej. Omawiane powyżej zespoły badawcze skupiają zdecydowaną większość pracowników wydziału przynależnych do dyscypliny *Informatyka techniczna i telekomunikacja*. W efekcie, zespoły te mają również kluczowy wkład w kształtowanie dorobku w dyscyplinie *Informatyka techniczna i telekomunikacja* na Wydziale. W podsumowaniu warto dodać, iż efektem m.in. synergii badań i nauczania jest fakt, iż zdecydowana większość doktorantów dyscypliny *Informatyka techniczna i telekomunikacja* zarówno realizujących studia doktoranckie w ramach Szkoły Doktorskiej nr 3 Politechniki Warszawskiej pod opieką promotorów z Wydziału, jak i w ramach studiów

afiliowanych przy Wydziale realizuje prace doktorskie w obszarze informatyki związanym z kierunkiem i zagadnieniami sztucznej inteligencji.

Wymiernym efektem działań umożliwiających studentom Wydziału zdobywanie kompetencji badawczych są m.in. już opublikowane prace z udziałem studentów kierunku (wymienione powyżej), wkład studentów w przygotowanie oprogramowania naukowego rozwijanego przez zespoły badawcze, podjęcie przez ponad 90% absolwentów I stopnia studiów II stopnia pomimo zapotrzebowania na specjalistów – absolwentów już studiów I stopnia, podjęcie przez pierwszych czterech absolwentów studiów II stopnia studiów doktoranckich w dyscyplinie *Informatyka techniczna i telekomunikacja* i ich realizacja pod opieką pracowników Wydziału, wyróżnienia dla studentów Wydziału ze strony Ministerstwa Edukacji i Nauki (m.in. stypendia Ministra).

1.3 Efekty uczenia się

1.3.1 Kluczowe efekty uczenia się

Zgodnie z wcześniejszym opisem, koncepcja kształcenia na kierunku IAD zakłada zbudowanie solidnych podstaw informatycznych na studiach pierwszego stopnia w zakresie m.in. programowania, algorytmów i struktur danych, metod i systemów pozyskiwania, transformacji, składowania i analizy danych, jak również zapewnienie bogatego przygotowania matematycznego skoncentrowanego na obszarach ważnych dla analizy danych. Ważnym elementem budowy kompetencji absolwentów jest również zapewnienie wiedzy i umiejętności zapewniających przygotowanie do tworzenia nieszablonowych rozwiązań w zespołach informatycznych i interdyscyplinarnych. Koncepcja ta jest odzwierciedlona w efektach uczenia się. Do kluczowych efektów wiedzy na studiach pierwszego stopnia należy wiedza z zakresu m.in.:

- języków programowania ze szczególnym uwzględnieniem języków stosowanych w przetwarzaniu danych i programowaniu złożonych systemów w tym systemów przetwarzania danych wielkoskalowych (np. Python, Java)
- baz danych, w tym relacyjnych baz danych, hurtowni danych i systemów składowania danych wielkoskalowych (ang. Big Data)
- metod wizualizacji danych
- metod uczenia maszynowego i inteligencji obliczeniowej
- algorytmów i ich złożoności obliczeniowej
- metod optymalizacji
- podstaw elektroniki i telekomunikacji, w tym wiedza potrzebna do zrozumienia technik cyfrowych i zasad funkcjonowania współczesnych komputerów, a także sieci bezprzewodowych
- metod, technik, narzędzi i technologii inżynierskich stosowanych przy rozwiązywaniu złożonych zadań informatycznych z zakresu budowy systemów komputerowych
- podstaw matematyki wyższej, obejmująca analizę matematyczną, logikę, teorię mnogości, algebrę liniową, geometrię i matematykę dyskretną
- rachunku prawdopodobieństwa i procesów stochastycznych
- statystyki matematycznej oraz metod wnioskowania statystycznego
- metod modelowania statystycznego, w tym analizy regresji i klasyfikacji
- zasad tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości
- metodyk rozwiązywania problemów (np. Problem-based learning, Design thinking).

Koncepcja kształcenia kładzie szczególnie duży nacisk na efekty umiejętnościowe, zgodnie z charakterem dziedziny Data Science i zarazem studiów inżynierskich. Kluczowe umiejętnościowe efekty uczenia się zapewniają, iż absolwent studiów pierwszego stopnia potrafi m.in.:

- tworzyć, rozwijać i implementować algorytmy przetwarzania i analizy danych
- wykorzystywać i rozszerzać o nowe komponenty systemy składowania i analizy danych, w tym systemy rozproszone

- rozwiązywać zagadnienia z zakresu komunikacji człowiek-komputer, formułowania algorytmów i projektowania złożonych lub nietypowych systemów informatycznych
- zgodnie z zadaną specyfikacją - zaprojektować, zrealizować i przetestować aplikacje oraz systemy informatyczne, używając właściwych metod, technik i narzędzi
- przeprowadzić wstępną (eksploracyjną) analizę danych
- stosować techniki wizualizacji danych
- stosować metody inteligencji obliczeniowej i dobierać parametry tych metod
- pozyskiwać, integrować i wstępnie przetwarzać dane, w tym m.in. dane pochodzące z baz relacyjnych, platform Big Data i zasobów WWW z uwzględnieniem wymagań dziedzinowych
- tworzyć proste aplikacje (również internetowe)
- wykorzystać wiedzę matematyczną do opisu procesów, tworzenia modeli i rozwiązywania zagadnień praktycznych
- obliczać prawdopodobieństwo rozmaitych zdarzeń oraz umie znajdować rozkłady funkcji zmiennych losowych
- konstruować i stosować estymatory oraz testy hipotez, oceniać ich jakość i interpretować otrzymane wyniki
- estymować parametry modelu, przeprowadzać diagnostykę modeli, potrafi wyznaczać wskaźniki zależności oraz badać istotność zmiennych
- zastosować metody statystyczne i uczenia maszynowego w zagadnieniach prognozowania
- formułować i rozwiązywać problemy optymalizacyjne
- porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach
- interpretować wyniki przeprowadzonych eksperymentów i wyciągać wnioski, w tym dotyczące jakości modeli
- dostrzegać aspekty społeczne, ekonomiczne i prawne tworzonych analiz i rozwiązań informatycznych
- posługiwać się językiem angielskim w stopniu pozwalającym na porozumienie się, przeczytanie ze zrozumieniem tekstów i opisów programowych oraz przedstawienie prezentacji problemu z zakresu studiowanego kierunku studiów
- pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, integrować je, dokonywać ich interpretacji oraz wyciągać wnioski i formułować opinie
- przygotować dokumenty zawierające m.in. analizę wymagań dla systemu informatycznego, przegląd źródeł literaturowych, podsumowanie wyników analizy danych oraz dokumentację systemu informatycznego
- indywidualnie i we współpracy z zespołem, w tym z zespołem interdyscyplinarnym tworzyć analizy i produkty informatyczne.

Kluczowe kompetencje społeczne absolwenta studiów pierwszego stopnia obejmują umiejętność współpracy w grupie, w różnych rolach. Ponadto do kluczowych kompetencji należy zaliczyć fakt, iż absolwent rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych, potrafi pracować indywidualnie i w zespole informatyków, w tym także potrafi zarządzać swoim czasem oraz podejmować zobowiązania i dotrzymywać terminów. Kolejny kluczowy aspekt kompetencji absolwenta stanowi fakt, że potrafi on również pracować z odbiorcami tworzonych rozwiązań informatycznych i analitycznych, aktywnie uczestnicząc w dyskusji potrzeb, możliwych rozwiązań i zasad pozyskania i przetworzenia danych oraz ich wykorzystania jako kapitału przedsiębiorstwa i podstawy działań na rzecz interesu publicznego.

Zgodnie z koncepcją kierunku studiów, studia pierwszego stopnia oferują poszerzoną wiedzę i umiejętności w tych obszarach informatyki, które mają szczególne znaczenie z perspektywy pozyskiwania, przetwarzania i analizy danych (np. przetwarzanie danych ustrukturyzowanych, zaawansowane programowanie obiektowe i funkcyjne, architektura systemów informatycznych,

metody uczenia maszynowego, metody inteligencji obliczeniowej, hurtownie danych, systemy Business Intelligence, platformy Big Data takie jak Apache Hadoop, Hive, Spark, Kafka)). Jednocześnie starannie dobrany zestaw przedmiotów zapewnia przygotowanie do nie tylko świadomego użycia nawet najbardziej zaawansowanych technik uczenia maszynowego i ich implementacji w złożonych środowiskach informatycznych, ale również tworzenia w przyszłości nowych algorytmów transformacji i analizy danych. W grupie przedmiotów zapewniających przygotowanie do rozwoju nowych metod np. z nurtu tzw. uczenia głębokiego (ang. deep learning) należy wskazać przedmioty poświęcone takim obszarom merytorycznym jak np. analiza matematyczna, algebra liniowa, rachunek prawdopodobieństwa, czy też procesy stochastyczne. Trzeci z obszarów właściwych dla Data Science, związany z przygotowaniem do pracy w zespołach projektowych, reprezentują m.in. takie przedmioty jak *Kreatywne rozwiązywanie problemów*, *Techniki prezentacji*, *Warsztaty badawcze 1 i 2* oraz *Projekt interdyscyplinarny*.

Należy podkreślić, iż celem przygotowania studiów na kierunku Data Science było zaproponowanie oferty kształcenia, która zapewni połączenie wiedzy i umiejętności technologicznych z przygotowaniem do podejmowania wyzwań w analizie danych, w tym wyzwań o charakterze naukowym. Studia I stopnia zapewniają w związku z tym bogate podstawy teoretyczne dla dalszego rozwoju absolwentów, w tym dla podejmowania studiów doktoranckich i pracy naukowej.

Studia drugiego stopnia kierunku IAD zapewniają wiedzę i umiejętności przynależne do dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja, a jednocześnie skoncentrowane na zagadnieniach Data Science. Do kluczowych przedmiotów należą m.in. przedmioty *Advanced Machine Learning*, *Deep Learning*, *Natural Language Processing* czy też przedmiot poświęcony analizie sieci złożonych *Social Networks and Recommendation Systems*. W obszarze przetwarzania danych ważnym elementem programu studiów są między innymi przedmioty skoncentrowane na aspektach technologicznych i architektonicznych, w tym szczególnie *Big Data Analytics* oraz *Cloud Computing*. Zgodnie z założeniami kierunku i Data Science, umiejętność podejmowania rzeczywistych zadań analitycznych i tworzenia dedykowanych dla nich rozwiązań odgrywa szczególną rolę w procesie kształcenia. W przedmiocie *Data Science Workshop* dedykowanym budowie umiejętności podejmowania rzeczywistych wyzwań związanych z analizą danych uczestniczą m.in. przedstawiciele przedsiębiorstw pracujących w takich obszarach jak cyberbezpieczeństwo, bioinformatyka, usługi dedykowane dla inteligentnych miast i technologie finansowe. Kształcenie studentów zapewnia rozwój wiedzy teoretycznej podbudowanej solidnym aparatem matematycznym. Jednocześnie program studiów zapewnia najnowsze kompetencje technologiczne dzięki nawiązaniu współpracy m.in. z firmą Amazon oraz SAS Institute. Program zapewnia studentom możliwość praktycznego wykorzystania zdobytych umiejętności i wiedzy, m.in. przez realizację projektów we współpracy z przedsiębiorstwami. Studenci kierunku uczestniczą również w realizacji projektów krajowych i międzynarodowych, w tym finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Program uwzględnia zarazem potrzebę zapewnienia kompetencji z zakresu przedsiębiorczości, a także aspektów ekonomicznych, prawnych i etycznych pracy w obszarze Data Science.

Do kluczowych efektów wiedзовych na studiach **drugiego stopnia** należy wiedza z zakresu m.in. następujących obszarów:

- kluczowe metody, algorytmy i środowiska analizy danych Big Data oraz różnorodne uwarunkowania związane z analizą danych, w tym uwarunkowania sprzętowe, jak również dylematy związane z analizą danych
- podstawowe metody estymacji i prognozy dla danych regresyjnych niskiego i wysokiego wymiaru
- kluczowe metody uczenia maszynowego w klasyfikacji danych o standardowej i złożonej strukturze
- narzędzia eksploracji danych oraz komunikacji wyników w obszarze analizy danych

- Różne modeli głębokich sieci neuronowych oraz algorytmy głębokiego uczenia, a także praktyczna wiedza dotycząca specyfiki zastosowań konkretnych architektur głębokich do rozwiązywania określonych rodzajów zadań
- metody prowadzenia projektu badawczego, w tym definiowania kamieni milowych, planowania i raportowania wyników oraz rolę innowacyjnych projektów w rozwoju przedsiębiorczości
- techniki czytelnej i poprawnej prezentacji danych za pomocą grafiki statycznej oraz interaktywnej uwzględniającej znajomość aspektów etycznych prezentacji danych
- technologie rozproszone, w tym chmurowe i klastrowe oraz kluczowe aspekty planowania, konfiguracji i eksploatacji środowisk sprzętowych wykorzystujących te technologie
- pogłębiona wiedza z matematyki w obszarach związanych z analizą danych, w tym z metod optymalizacji, modeli grafów i sieci złożonych
- prowadzenie działalności gospodarczej, prawo własności intelektualnej, prawo autorskie oraz znajomość zasobów informacji patentowej.

Zgodnie z wcześniejszym opisem, studia drugiego stopnia na kierunku IAD są oferowane w podstawowej wersji trzyletniej – dedykowanej m.in. dla absolwentów studiów pierwszego stopnia kierunku IAD oraz wersji czteroletniej umożliwiającej uzupełnienie koniecznych efektów uczenia się absolwentom pokrewnych kierunków, w tym absolwentów studiów licencjackich. Absolwenci takich kierunków mogą uzupełnić konieczne efekty uczenia się poprzez udział w dodatkowych przedmiotach planu czteroletniego studiów drugiego stopnia kierunku IAD, które zapewniają m.in. wiedzę z następujących obszarów:

- wiedza w zakresie elektroniki i telekomunikacji, potrzebną do zrozumienia technik cyfrowych i zasad funkcjonowania współczesnych komputerów, a także sieci bezprzewodowych
- podbudowana teoretycznie wiedza ogólna w zakresie informatyki, w tym w zakresie języków i paradygmatów programowania, komunikacji człowiek-komputer, baz danych i inżynierii oprogramowania
- podstawowe metody, techniki, narzędzia i technologie inżynierskie stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań informatycznych z zakresu budowy systemów komputerowych, sieci komputerowych i technologii sieciowych.

Podobnie jak w przypadku studiów I stopnia, koncepcja kształcenia leżąca u podstaw studiów drugiego stopnia kładzie szczególnie duży nacisk na efekty umiejętnościowe, zgodnie z charakterem dziedziny Data Science i zarazem studiów inżynierskich. Kluczowe umiejętnościowe efekty uczenia się zapewniają, iż absolwent studiów drugiego stopnia potrafi m.in.:

- dobrać rozproszoną architekturę dla złożonego systemu informatycznego, z uwzględnieniem aspektów wydajności i niezawodności, w tym potrafi skonfigurować środowiska wirtualne, np. chmurowe
- zaprojektować i wykonać komponenty stosowane do analizy danych, w tym komponenty wykorzystujące metody uczenia maszynowego
- stworzyć zintegrowany system pozyskiwania i analizy danych, wykorzystujący zarówno uniwersalne, jak i dedykowane podsystemy i komponenty
- skonstruować prognozę w problemie regresyjnym i ocenić jej skuteczność przy zadanych kryteriach
- użyć i ocenić działanie reprezentatywnych metod klasyfikacji dla danych o standardowej i złożonej strukturze
- zaprojektować oraz zaimplementować wybrane modele głębokich sieci neuronowych, dobrać model architektury głębokiej właściwy dla rodzaju rozwiązywanego problemu oraz dokonać analizy silnych i słabych stron zaproponowanego rozwiązania
- przygotować wykresy statystyczne oraz interaktywną wizualizację złożonych danych
- dokonywać eksploracyjnej analizy danych rzeczywistych oraz proponować i zweryfikować poprawność modelu teoretycznego

- przygotować dokument zawierający analizę źródeł literaturowych i przegląd stanu wiedzy we wskazanym obszarze analizy danych
- zaprezentować złożone zagadnienie z dziedziny analizy danych oraz metody zastosowane do jego rozwiązania, w sposób czytelny dla interdyscyplinarnego zespołu
- wykorzystać wiedzę matematyczną do modelowania zjawisk i procesów oraz formułowania i rozwiązywania zadań optymalizacji w analizie danych
- przygotować całościowe rozwiązanie postawionego zagadnienia, obejmujące pozyskanie danych, ich wstępne przetworzenie, dobór właściwych metod np. predykcyjnych i ich zastosowanie oraz krytyczną analizę uzyskanych wyników
- inicjować, planować i przeprowadzać eksperymenty oraz prace analityczne jako uczestnik i kierownik zespołu, w tym dobierać właściwe techniki i narzędzia do ich realizacji
- interpretować wyniki przeprowadzonych eksperymentów i wyciągać wnioski, w tym dotyczące jakości modeli
- bezproblemowo posługiwać się językiem angielskim w różnych obszarach tematycznych w stopniu umożliwiającym bezproblemową komunikację w zakresie zagadnień zawodowych.

Studenci czterosemestralnych studiów mogą dodatkowo uzupełnić efekty uczenia się zrealizowane we wcześniejszym toku studiów o następujące umiejętności:

- umiejętność projektowania sieci komputerowych; potrafi pełnić funkcję administratora sieci komputerowej i zabezpieczyć dane przed nieuprawnionym odczytem
- umiejętność rozwiązywania zagadnień z zakresu komunikacji człowiek-komputer, formułowania algorytmów i projektowania złożonych lub nietypowych systemów informatycznych
- stworzenie model obiektowy prostego systemu
- formułowanie specyfikację systemów informatycznych w odniesieniu do sprzętu, oprogramowania systemowego i cech funkcjonalnych aplikacji
- umiejętność zaprojektowania oraz realizacji systemu informatycznego, z wykorzystaniem właściwych metod, technik i narzędzi.

Kluczowe kompetencje społeczne absolwentów studiów drugiego stopnia obejmują zdolność do krytycznej analizy pozyskiwanych informacji oraz kontynuacji kształcenia, w tym w ramach samokształcenia i współpracy z ekspertami, świadomość znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu różnorodnych problemów oraz wpływu nauki i techniki m.in. na funkcjonowanie społeczeństwa, świadomość ważności zachowywania się w sposób profesjonalny, w tym odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania w ramach pracy zespołowej, umiejętność myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy, świadomość i zrozumienie społecznych konsekwencji przenikania technologii komputerowych i telekomunikacyjnych do wszystkich aspektów życia społecznego, jak również potrzebę przekazywania informacji o osiągnięciach informatyki i innych aspektach działalności informatyka w sposób powszechnie zrozumiały.

1.3.2 Efekty uczenia się prowadzące do uzyskania kompetencji inżynierskich

1.3.2.1 Studia pierwszego stopnia

W tabeli poniżej przedstawiono rozwinięcie wybranych efektów uczenia się studiów pierwszego stopnia prowadzących do uzyskania kompetencji inżynierskich do poziomu przedmiotów realizujących te efekty.

Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Przedmioty realizujące
Wiedza		
DS_W13	Ma elementarną wiedzę w zakresie elektroniki i telekomunikacji, potrzebną do zrozumienia technik cyfrowych i zasad funkcjonowania współczesnych komputerów, a także sieci bezprzewodowych	Architektura komputerów
DS_W14	Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie informatyki, w tym w zakresie języków i paradygmatów programowania, komunikacji człowiek-komputer, baz danych i inżynierii oprogramowania	Podstawy programowania i przetwarzania danych Przetwarzanie danych ustrukturyzowanych Programowanie obiektowe Zaawansowane programowanie obiektowe i funkcyjne Inżynieria systemów informatycznych Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Techniki prezentacji (humanistyczny)
DS_W15	Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i technologie inżynierskie stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań informatycznych z zakresu budowy systemów komputerowych, sieci komputerowych i technologii sieciowych	Systemy operacyjne w inżynierii danych Architektura systemów informatycznych Inżynieria systemów informatycznych Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Transmisja danych Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Projekt zespołowy Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
Umiejętności		
DS_U24	Ma umiejętność projektowania sieci komputerowych; potrafi pełnić funkcję administratora sieci komputerowej i zabezpieczyć dane przed nieuprawnionym odczytem	Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Transmisja danych Praktyki studenckie
DS_U25	Ma umiejętność rozwiązywania zagadnień z zakresu komunikacji człowiek-komputer, formułowania algorytmów i projektowania złożonych lub nietypowych systemów informatycznych	Algorytmy i struktury danych 1 Projekt zespołowy Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
DS_U26	Potrafi stworzyć model obiektowy prostego systemu	Inżynieria systemów informatycznych Projekt zespołowy Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
DS_U27	Potrafi sformułować specyfikację systemów informatycznych w odniesieniu do sprzętu, oprogramowania systemowego i cech funkcjonalnych aplikacji	Systemy operacyjne w inżynierii danych Inżynieria systemów informatycznych Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego

Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Przedmioty realizujące
DS_U28	Potrafi – zgodnie z zadaną specyfikacją – zaprojektować oraz zrealizować system informatyczny, używając właściwych metod, technik i narzędzi	Bazy danych Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Projekt interdyscyplinarny Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Projekt zespołowy Seminarium dyplomowe Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
Kompetencje społeczne		
DS_K02	Potrafi pracować indywidualnie i w zespole informatyków, w tym także potrafi zarządzać swoim czasem oraz podejmować zobowiązania i dotrzymywać terminów, jak również stosować i promować stosowanie zasad etyki zawodowej	Architektura komputerów Algebra liniowa w analizie danych Metody numeryczne Inżynieria systemów informatycznych Warsztaty badawcze 1 Statystyka matematyczna 1 Projekt interdyscyplinarny Metody optymalizacji Transmisja danych Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Warsztaty badawcze 2 Projekt zespołowy Seminarium dyplomowe Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
DS_K03	Potrafi pracować z odbiorcami tworzonych rozwiązań informatycznych i analitycznych, aktywnie uczestnicząc w dyskusji potrzeb, możliwych rozwiązań i zasad pozyskania i przetworzenia danych oraz ich wykorzystania jako kapitału przedsiębiorstwa i podstawy działań na rzecz interesu publicznego	Inżynieria systemów informatycznych Bazy danych Metody optymalizacji Warsztaty badawcze 2 Przedmiot humanistyczny (przedsiębiorczość, prawa autorskie)
DS_K04	Jest przygotowany do współdziałania i pracy w grupie, przyjmując w niej różne role oraz dbając o współtworzenie dorobku i tradycji zawodowych	Inżynieria systemów informatycznych Wstęp do uczenia maszynowego Warsztaty badawcze 1 Warsztaty badawcze 2 Przedmiot humanistyczny (kreatywne rozwiązywanie problemów) Techniki prezentacji (humanistyczny)

1.3.2.1 Studia drugiego stopnia

Zgodnie z powyższym opisem, absolwenci pokrewnych kierunków studiów pierwszego stopnia, którzy w dotychczasowym przebiegu kształcenia nie uzyskali kompetencji inżynierskich mogą zostać zrekrutowani na studia czterosemestralne drugiego stopnia, pod warunkiem pomyślnego wyniku procesu rekrutacji, opisanego w dalszej części niniejszego raportu.

Absolwenci takich kierunków mogą uzupełnić konieczne efekty uczenia się poprzez udział w dodatkowych przedmiotach planu czterosemestralnego studiów drugiego stopnia kierunku IAD,

które zapewniają m.in. wiedzę z następujących obszarów (efekty kierunkowe DS2_W12, DS2_W13, DS2_W14):

- DS2_W12: Absolwent ma elementarną wiedzę w zakresie elektroniki i telekomunikacji, potrzebną do zrozumienia technik cyfrowych i zasad funkcjonowania współczesnych komputerów, a także sieci bezprzewodowych.
- DS2_W13: Absolwent ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie informatyki, w tym w zakresie języków i paradygmatów programowania, komunikacji człowiek-komputer, baz danych i inżynierii oprogramowania.
- DS2_W14: Absolwent zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i technologie inżynierskie stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań informatycznych z zakresu budowy systemów komputerowych, sieci komputerowych i technologii sieciowych.

Dla uzyskania kompetencji inżynierskich konieczne szczególnie istotne są efekty umiejętnościowe, które zapewniane są również w ramach studiów czterosemestralnych. W ramach studiów czterosemestralnych możliwe jest uzyskanie umiejętności określonych efektami uczenia się DS2_U17-DS2_U21 i mającymi na celu uzyskanie kompetencji inżynierskich:

- DS2_U17: Absolwent ma umiejętność projektowania sieci komputerowych; potrafi pełnić funkcję administratora sieci komputerowej i zabezpieczyć dane przed nieuprawnionym odczytem.
- DS2_U18: Absolwent ma umiejętność rozwiązywania zagadnień z zakresu komunikacji człowiek-komputer, formułowania algorytmów i projektowania złożonych lub nietypowych systemów informatycznych.
- DS2_U19: Absolwent potrafi stworzyć model obiektowy prostego systemu.
- DS2_U20: Absolwent potrafi sformułować specyfikację systemów informatycznych w odniesieniu do sprzętu, oprogramowania systemowego i cech funkcjonalnych aplikacji.
- DS2_U21: Absolwent potrafi - zgodnie z zadaną specyfikacją – zaprojektować oraz zrealizować system informatyczny, używając właściwych metod, technik i narzędzi.

Zarówno w/w efekty wiedzowe, jak i umiejętnościowe zapewniające uzyskanie kompetencji inżynierskich są uzyskiwane przede wszystkim poprzez udział w przedmiotach stanowiących przedmioty obowiązkowe studiów inżynierskich kierunku *Informatyka i Systemy Informacyjne (Computer Science and Information Systems)*, jako kierunku przypisanego do dyscypliny *Informatyka techniczna i telekomunikacja* i prowadzonego również przez Wydział.

Dopełnieniem efektów uczenia się ważnych dla zapewnienia kompetencji inżynierskich, są efekty uczenia się dotyczące wiedzy i kompetencji społecznych. Szczególną rolę z tej perspektywy pełnią rolę efekty uczenia się opisane kodami DS2_K02, DS2_K03, DS2_K04 oraz DS2_K05, których rozwinięcie otwiera niniejszy raport.

W tabeli poniżej zawarto rozwinięcie przykładowego efektu DS2_U21, o treści zacytowanej powyżej do poziomu przedmiotów i umiejętnościowych efektów uczenia się przedmiotów.

Przedmiotowe efekty uczenia się powiązane z efektem uczenia się DS2_U21: *Absolwent potrafi – zgodnie z zadaną specyfikacją – zaprojektować oraz zrealizować system informatyczny, używając właściwych metod, technik i narzędzi.*

Uwaga: wymieniono przedmioty zapewniające realizację efektu DS2_U21 i ich kluczowe efekty umiejętnościowe. Pogrubioną czcionką oznaczono efekty przedmiotowe bezpośrednio związane z realizacją efektu kierunkowego.

Przedmiot: Data Processing in R and Python <u>Przedmiotowe efekty uczenia się:</u> – Potrafi projektować wydajne metody przetwarzania i analizy danych – Potrafi stworzyć własne pakiety i moduły w językach R i Python, w tym moduły/pakiety rozszerzające przy użyciu C++ – Dostrzega ograniczenia i słabe strony istniejących narzędzi informatycznych
Przedmiot Electronic Principles <u>Przedmiotowe efekty uczenia się:</u> – Potrafi wykorzystać nabytą wiedzę matematyczną do tworzenia i wykorzystania modeli elementów i układów elektronicznych – Potrafi pozyskiwać informacje z literatury oraz innych źródeł, dokonywać ich interpretacji oraz wyciągać wnioski – Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski – Potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne
Przedmiot Group project <u>Przedmiotowe efekty uczenia się:</u> – Potrafi stworzyć model prostego systemu – Ma umiejętność projektowania prostych systemów informatycznych – Potrafi – zgodnie z zadaną specyfikacją – zaprojektować oraz zrealizować prosty system informatyczny, używając właściwych metod, technik i narzędzi – Potrafi wykonać prostą analizę sposobu funkcjonowania systemu informatycznego i ocenić istniejące rozwiązania informatyczne, przynajmniej w odniesieniu do ich cech funkcjonalnych
Przedmiot Databases <u>Przedmiotowe efekty uczenia się:</u> – Potrafi formułować zapytania do baz danych w języku SQL w celu uzyskania oczekiwanych informacji, w tym w celu wykonania agregacji danych zgromadzonych w bazach danych – Potrafi wykonywać aplikacje baz danych z wykorzystaniem standardu JDBC oraz baz danych Oracle
Przedmiot: Big Data Analytics <u>Przedmiotowe efekty uczenia się:</u> – Umie zaprojektować i wykonać komponenty stosowane do analizy danych – Umie dobrać rozproszoną architekturę dla złożonego systemu analizy danych oraz stworzyć zintegrowany system pozyskiwania i analizy danych, wykorzystujący zarówno uniwersalne, jak i dedykowane podsystemy i komponenty – Umie zaprojektować i zrealizować podsystem analizy danych wykorzystujący metody uczenia maszynowego, z uwzględnieniem doboru właściwych technik i narzędzi, w tym doboru środowisk analizy danych

1.3.3 Spełnienie wymagań zawartych w standardach kształcenia

Kierunek Inżynieria i Analiza danych nie przygotowuje do wykonywania zawodów, o których mowa w art. 68 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Kryterium 2. Realizacja programu studiów: treści programowe, harmonogram realizacji programu studiów oraz formy i organizacja zajęć, metody kształcenia, praktyki zawodowe, organizacja procesu nauczania i uczenia się

2.1. Kluczowe treści kształcenia

Treści kształcenia determinowane są sylwetką absolwenta i osiąganymi efektami uczenia się.

STUDIA PIERWSZEGO STOPNIA

Rozłożenie treści i akcentów w ramach programu studiów pierwszego stopnia musi zakładać początkową wiedzę studentów na poziomie maturalnym, dlatego rozpoczyna się od zbudowania podstawowych kompetencji z matematyki wyższej prowadząc do uzyskania możliwości rozszerzania wiedzy i umiejętności stricte kierunkowych. Zachowano przy tym równowagę pomiędzy wiedzą teoretyczną, a umiejętnościami praktycznymi i kompetencjami społecznymi wymaganymi przez rynek pracy. Najczęściej pojedynczy efekt uczenia się jest przy tym osiągany na więcej niż jednym przedmiocie.

W ramach programu studiów możemy wyróżnić następujące grupy przedmiotów: **przedmioty podstawowe i kierunkowe, a także przedmioty humanistyczno-ekonomiczne, języki obce i zajęcia sportowe / wychowanie fizyczne**. W przypadku studiów pierwszego stopnia, **dwa pierwsze semestry** obejmują przede wszystkim przedmioty z grupy podstawowych, tj. zapewniające podstawy matematyczne (określone przez efekty uczenia się DS_W01, DS_W08, DS_U01, DS_U09, DS_U15, DS_U16, DS_U19, DS_U20): *Analiza matematyczna 1 i 2, Elementy logiki i teorii mnogości, Algebra liniowa z geometrią* oraz *Algebra liniowa w analizie danych, Matematyka dyskretna i elementy probabilistyki*. Jednocześnie na tym etapie wprowadzone zostają także podstawowe przedmioty kierunkowe: *Podstawy programowania i przetwarzania danych, Systemy operacyjne w inżynierii danych, Architektura komputerów, Przetwarzanie danych ustrukturyzowanych oraz Programowanie obiektowe* (realizowane efekty uczenia się to DS_W07, DS_W08, DS_W09, DS_W13, DS_W14, DS_W15, DS_U01, DS_U03, DS_U04, DS_U09, DS_U11, DS_U13, DS_U14, DS_U15, DS_U16, DS_U18, DS_U19, DS_U20, DS_U22, DS_U27, DS_K01, DS_K02). Studenci mają także zapewnione przedmioty z grupy HES (przedmioty realizują ważne efekty uczenia się z obszaru wiedzy i umiejętności, a także kompetencji społecznych związanych m.in. z ideą *Problem-based learning* czy *Design thinking* np. DS_W11, DS_W14, DS_U01, DS_U12, DS_U19, DS_U20, DS_U21, DS_U23, DS_K04, DS_K05): *Kreatywne rozwiązywanie problemów* oraz *Techniki Prezentacji*.

Na wyższych semestrach studenci poznają bardziej zaawansowane metody matematyczne wykorzystywane w obszarze *Data Science* w ramach przedmiotów kierunkowych: *Rachunek prawdopodobieństwa* oraz *Metody numeryczne* na semestrze **trzecim**, *Statystyka matematyczna* na semestrze **czwartym**, a następnie *Metody optymalizacji i Procesy stochastyczne* na semestrze **piątym**. Równocześnie w coraz większym stopniu realizowane są przedmioty kierunkowe poszerzające kompetencje specjalistyczne związane z inżynierią danych: *Techniki wizualizacji danych, Algorytmy i struktury danych 1, Zaawansowane programowanie obiektowe i funkcyjne oraz Transmisja Danych* na semestrze **trzecim**, *Wstęp do uczenia maszynowego i Bazy danych* na semestrze **czwartym**, *Inżynieria systemów informatycznych i Metody statystyki obliczeniowej* na semestrze **piątym**, *Hurtownie danych i systemy Business Intelligence, Metody inteligencji obliczeniowej w analizie danych, Architektura systemów informatycznych* na semestrze **szóstym**, a także *Składowanie danych w systemach Big Data* na semestrze **siódmym**. Zauważmy, że przedmioty kierunkowe uwzględniają także bloki przedmiotów obieralnych *Sieci komputerowe* (na sem. 4) oraz *Programowanie aplikacji wielowarstwowych* (sem. 5).

Przedmioty *Fizyka 1 i 2*, realizowane na semestrze **piątym** i **szóstym**, pozwalają na osiągnięcie, odpowiednio, efektów uczenia się DS_W07 oraz DS_U01, DS_U12, DS_U16, DS_U20.

Na specjalne wyróżnienie zasługują przedmioty o charakterze projektowym: *Warsztaty badawcze 1 i 2* (odpowiednio, na sem. 4 i 6), *Projekt interdyscyplinarny* (na sem. 5) oraz *Projekt zespołowy* (na sem. 7). Przedmioty te zapewniają studentom możliwość zdobycia wiedzy i umiejętności w trakcie rozwiązywania praktycznych i rzeczywistych problemów definiowanych przez współpracujące z Wydziałem podmioty gospodarcze.

Poniżej przedstawiono przykładowe powiązanie treści kształcenia z kierunkowym efektem uczenia się DS_W14: *Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie informatyki, w tym w zakresie języków i paradygmatów programowania, komunikacji człowiek-komputer i inżynierii oprogramowania*. Ten efekt, realizowany w ramach kilku przedmiotów, jest kluczowy dla przekazywania wiedzy informatycznej na kierunku Inżynieria i Analiza Danych i jest bezpośrednio powiązany z dyscypliną naukową Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Obejmuje wiedzę algorytmiczną, inżynierię oprogramowania oraz naukę języków programowania takich jak m.in. Java, Python i R. Osiągany jest na studiach pierwszego stopnia podczas zajęć o zróżnicowanym charakterze: wykładach, ćwiczeniach, laboratoriach i projektach, przy zwiększającym się udziale pracy własnej studenta w toku postępowania kształcenia.

Podstawy programowania i przetwarzania danych (semestr 1, W 30, Ć 15, L 15)

Treści kształcenia:

1. Pojęcie problemu i algorytmu
2. Typy skalarne: bool, int, float, str. Reprezentacja liczb całkowitych i zmiennopozycyjnych. Operatory logiczne, arytmetyczne, relacyjne i przypisania. Priorytety operatorów. Błędy arytmetyki zmiennopozycyjnej
3. Instrukcja warunkowa i pętle. Miary złożoności algorytmów
4. Struktura programu. Funkcje. Dokumentowanie i testowanie kodu. Przekazywanie parametrów przez wartość a przez referencję
5. Implementacja algorytmów typu: metoda bisekcji znajdowania zera funkcji, największy wspólny dzielnik, sprawdzanie, czy liczba jest pierwsza itd
6. Listy (ciągi, tablice)
7. Implementacja algorytmów typu: zastosowywanie danej operacji na każdym elemencie listy, obliczanie skumulowanej sumy, iterowanej różnicy, operacje na iloczynie kartezjańskim elementów dwóch list, operacje na odpowiadających sobie elementach dwóch i więcej równolicznych list; sortowanie proste, sortowanie kubełkowe, wyszukiwanie mody (dominanty) w liście, zliczanie liczby unikatowych elementów w wektorze itp.
8. Rekurencja. Algorytmy z nawrotami. Algorytmy typu dziel i rządź
9. Implementacja algorytmów typu: wieże z Hanoi, problem 8 hetmanów, wyszukiwanie binarne (połówkowe), znajdowanie pary najbliższych punktów w R^2 itp.
10. Elementy programowania obiektowego: proste klasy, pola i metody
11. Typy zmiennialne i niezmiennialne. Typy iterowalne i sekwencyjne. Słowniki i zbiory
12. Implementacja algorytmów typu: zliczanie elementów, wyznaczanie średniej w podgrupach
13. Wektory i macierze (NumPy). Zwektoryzowane operacje na wektorach i macierzach (tensorach)
14. Implementacja prostych algorytmów przy użyciu gotowych funkcji i metod na podstawie dokumentacji, np. 1-najbliższych sąsiadów, proste eksperymenty symulacyjne itp.

Przetwarzanie danych ustrukturyzowanych (semestr 2, W 30, L 30)

Treści kształcenia:

1. Podstawowe atomowe typy danych w R: Wektory i NULL
2. Zwektoryzowane operacje na wektorach atomowych. Przekształcanie i filtrowanie zmiennych. Agregacja i graficzna prezentacja zmiennych
3. Przetwarzanie danych tekstowych. Wyrażenia regularne
4. Listy. Funkcje
5. Instrukcja sterująca i pętle

6. Atrybuty obiektów. Programowanie obiektowe w stylu S3
7. Typy złożone: obiekty reprezentujące czas, czynniki, szeregi czasowe, macierze i ramki danych oraz podstawowe operacje na nich
8. Niestandardowa ewaluacja. Formuły
9. Filtrowanie, przekształcanie i czyszczenie ramek danych. Imputacja braków danych
10. Agregacja i inne operacje na danych w podgrupach. Scalanie ramek danych
11. Operacje na plikach i katalogach. Pobieranie danych z API. Wydobywanie informacji ze stron WWW

Programowanie obiektowe (semestr 2, W 30, L 30)

Treści kształcenia:

1. Wprowadzenie
2. Podstawy języka Java (typy proste, tablice, łańcuchy)
3. Obiekty i klasy
4. Cechy programowania obiektowego
5. Interfejsy
6. Elementy programowania generycznego
7. Kolekcje
8. Obsługa strumieni wejścia/wyjścia
9. Obsługa zdarzeń
10. Obsługa wyjątków
11. Interfejs użytkownika
12. Grafika w Javie
13. Wątki
14. Dokumentacja kodu
15. Przygotowanie i udostępnianie aplikacji (pliki JAR)

Laboratoria składają się z zadań wykonywanych przez studentów w ciągu 90 minut każde. Poszczególne zadania ilustrują treści przekazane podczas wykładu. Cztery zadania są zadaniami punktowanymi.

Zadania punktowane

1. Hierarchia klas
2. Obsługa kolekcji
3. Operacje wejścia wyjścia
4. Programowanie równoległe

Zaawansowane programowanie obiektowe i funkcyjne (semestr 3, W 15, L 30)

Treści kształcenia:

1. Wprowadzenie
2. Klasy wewnętrzne i abstrakcyjne
3. Programowanie funkcyjne. Wyrażenie lambda i interfejsy funkcyjne
4. Wyrażenia generyczne
5. Przetwarzanie strumieni danych
6. Struktury dynamiczne
7. Refleksje i Java Beans
8. Zaawansowane przetwarzanie danych
9. Współpraca z bazami danych
10. Sieć i bezpieczeństwo
11. Obliczenia asynchroniczne
12. Czas i lokalizacja
13. Skryptowanie
14. Funkcje natywne
15. Dalszy rozwój programisty Javy

Przez połowę semestru studenci wykonują podczas zajęć laboratoryjnych zadania punktowane (5 lub 6 zadań). Poszczególne zadania ilustrują treści przekazane podczas wykładu. Druga połowa semestru jest przeznaczona na samodzielną realizację zadania projektowego.

Inżynieria systemów informatycznych (semestr 3, W 30, Ć 15)

Treści kształcenia:

1. Pojęcia wstępne: programowanie jako proces inżynierski, podstawowe potrzeby prowadzące do konieczności wykorzystania inżynierii oprogramowania, wprowadzenie pojęcia pracy grupowej i skalowalności projektu
2. Pojęcia podstawowe obiektowego programowania: klasy, metody, dziedziczenie, polimorfizm, przeciążanie, uogólnianie, uszczegóławianie, przykłady prostych schematów UML
3. Pojęcia zaawansowane obiektowego programowania: meta-klasy, wątki, niuanse schematów UML
4. Modele rozwoju oprogramowania: kaskadowy, spiralny, piramida, XP, Open-Source. Wymagania stawiane przed twórcą oprogramowania. Wymagania stawiane przed produktem końcowym.
5. Omówienie faz rozwoju projektu: planowanie, analiza (szacowanie złożoności oprogramowania), projektowanie (przygotowywanie pewnych dokumentów specyfikacji), implementowanie (wybór języka, zagadnienia dodatkowe), dokumentowanie (tworzenie dokumentacji), testowanie (automatyzacja i pomocne metody), instalowanie (przygotowanie pakietów dla klienta), konserwacja (przygotowywanie aplikacji do zmian i poprawek).
6. Zagadnienia pracy grupowej: obieg dokumentów, standaryzacja procesu wytwórczego, motywowanie pracowników.

Ćwiczenia obejmują dyskusje związane z modelowaniem w UML. Szacowanie pracochłonności zadania, planowania przedsięwzięcia informatycznego.

Programowanie aplikacji wielowarstwowych (Semestr 5, blok obieralny)

Celem bloku obieralnego „Programowanie aplikacji wielowarstwowych” jest zapoznanie studentów z tworzeniem złożonych aplikacji, w których występuje komunikacja poszczególnych komponentów z wykorzystaniem protokołu HTTP. Przykładem takich aplikacji są aplikacje WWW, które obejmują kod wykonywany w przeglądarce internetowej oraz kod wykonywany po stronie serwerowej. Każdy z przedmiotów bloku umożliwia zapoznanie studentów z architekturą takich aplikacji oraz tworzeniem warstwy prezentacji aplikacji z wykorzystaniem języka HTML i tworzeniem komponentów serwerowych, które są uruchamiane poprzez przesłanie odpowiednich zapytań HTTP np. w technologii ASP.NET, JSP, JavaServlet lub innej. Ważnym założeniem wspólnym dla całości bloku jest w szczególności zapoznanie studentów z językiem HTML, jak również standardami danych wykorzystywanych w komunikacji pomiędzy warstwą prezentacji a komponentami serwerowymi. Ponadto, wybrane przedmioty bloku mogą rozszerzać wiedzę studentów np. w obszarze tworzenia usług sieciowych (ang. web services) wykorzystujących protokoły HTTP do komunikacji klienta usługi z implementacją usługi, w obszarze technik tworzenia warstwy prezentacji aplikacji WWW (wykorzystanie CSS, JavaScript, biblioteki JavaScript) czy też w obszarze usług przetwarzania danych w platformach serwerowych. Student jest zobowiązany wybrać przynajmniej jeden przedmiot z bloku: Programowanie aplikacji WWW, Tworzenie aplikacji w technologii .NET lub inny realizujący wymagane efekty uczenia się.

STUDIA DRUGIEGO STOPNIA

Program studiów drugiego stopnia obejmuje zaawansowane przedmioty kierunkowe. Przeważająca część treści kształcenia dla drugiego stopnia kierunku Inżynieria i Analiza Danych wiąże się bezpośrednio z obszarami badawczymi pracowników naukowych Wydziału (uczenie maszynowe, systemy analizy danych, przetwarzanie danych wielkoskalowych, wyjaśnialność uczenia maszynowego, bioinformatyka, statystyka, teoria grafów i sieci). W ramach realizacji prac projektowych i dyplomowych, niektórzy studenci angażują się w projekty badawcze realizowane na Wydziale, w tym projekty międzynarodowe (VaVeL, CoMobility), co owocuje m.in. publikacjami naukowymi. Dokładniej,

na sem. 1 programu 3-semesteralnego (lub sem. 2 programu 4-semesteralnego): *Optimization in Data Analysis, Advanced Machine Learning, Deep Learning, Cloud Computing* oraz *Data Exploration and Visualisation*; na sem. 2 programu 3-semesteralnego (lub sem. 3 programu 4-semesteralnego): *Big Data Analytics, Natural Language Processing* oraz *Social Networks and Recommendation Systems*.

W przypadku programu 4-semesteralnego pierwszy semestr jest dedykowany uzupełnieniu kompetencji inżynierskich oraz wyrównaniu różnic programowych. Program tego semestru ustalany jest indywidualnie w zależności od indywidualnego przygotowania kandydata i może uwzględniać przedmioty takie jak: *Data Processing in R and Python, Computer Statistics, Electronic Principles, Data Transmission, UNIX Fundamentals, Group Project* oraz *Introduction to Machine Learning*.

Program studiów drugiego stopnia uwzględnia, podobnie jak w przypadku studiów inżynierskich, przedmioty projektowe, w tym specjalnie dedykowany przedmiot *Data Science Workshop* oraz przedmioty z grupy HES pozwalające na zdobycie kompetencji w zakresie tworzenia i rozwoju różnych form przedsiębiorczości oraz ich uwarunkowań ekonomiczno-prawnych.

Przykładowo, w programie studiów drugiego stopnia kluczowym kierunkowym efektem uczenia się jest efekt DS2_W03: *Absolwent zna kluczowe metody uczenia maszynowego w klasyfikacji danych o standardowej i złożonej strukturze*. Efekt, realizowany w ramach kilku przedmiotów, przekazuje zaawansowaną wiedzę z obszaru uczenia maszynowego i jest bezpośrednio powiązany z dyscypliną naukową Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Advanced Machine Learning (Semestr 1, W 30, L 30, P 15)

Treści kształcenia:

1. Regresja liniowa: metoda MNK, diagnostyka dopasowania i podstawowe testy
2. Regresja liniowa: podstawowe odstępstwa od modelu i metody jego adaptacji
3. Podejście bayesowskie w regresji liniowej, bayesowskie porównanie modeli
4. Regularyzacja w regresji: regresja grzbietowa i metoda Lasso
5. Regresja wysokowymiarowa, selekcja zmiennych: filtry, wrappery, kryteria informacyjne, metody zachłanne
6. Uogólnione modele liniowe – odpowiedzi poissonowskie, ujemnie dwumianowe
7. Modele logliniowe, tablice kontyngencji
8. Regresja nieliniowa: nieliniowe metody parametryczne, metody nieparametryczne, drzewa regresyjne CART, metoda MARS
9. Nieliniowe metody klasyfikacyjne: nieliniowe empiryczne reguły bayesowskie, estymatory gęstości
10. Nieliniowe metody klasyfikacyjne: QDA, drzewa klasyfikacyjne CART, metoda jądrowa SVM. Klasyfikacja wieloetykietowa
11. Komitety klasyfikatorów (bagging, boosting, algorytmy gradientowe, lasy losowe)
12. Modele graficzne: sieci bayesowskie
13. Modele graficzne: losowe pola Markowa, wnioskowanie w modelach graficznych
14. Praktyczna budowa systemu uczącego się dla danych wysokowymiarowych, metody Multisplit , Random Subspace Methods i Nearest Shrunken Centroids
15. Szeregi czasowe: charakterystyki procesów stacjonarnych, problem prognozy, metoda Yule’a-Walkera, algorytm innowacyjny
16. Procesy liniowe: modelowanie procesami ARMA(p,q)
17. Analiza danych funkcjonalnych FDA
18. Metoda jądrowa ogólnie
19. Modele mieszkankowe i algorytm EM

Laboratorium obejmuje następujące zagadnienia: analiza i modelowanie zbiorów danych wykorzystująca metody regresyjne, klasyfikacyjne i prognozy szeregów czasowych.

Projekt dotyczy praktycznej wieloaspektowej analizy zbiorów danych i konstrukcji systemu automatycznego modelowania spełniającego określone kryteria (zadana precyzja, kryterium LIFT 5% na zbiorze testowym, zadany błąd średniokwadratowy prognozy).

Deep Learning (Semestr 1, W 15, P 45)

Treści kształcenia:

1. Przypomnienie wybranych podstaw sieci neuronowych
2. Uczenie gradientowe sieci neuronowych, funkcje przejścia i ich własności
3. Strategie głębokiego uczenia (postać funkcji błędu, dobór wielkości zbiorów próbek – *mini-batch*, znikający gradient, *pre-training*, *post-tuning*, jednostki ReLU, regularyzacja, *dropout*)
4. Uczenie głębokie nienadzorowane (autoenkodery, redukcja wymiarowości, uczenie się reprezentacji, transfer learning)
5. Sieci konwolucyjne (wagi współdzielone, *pooling*, inwariancja względem przesunięcia) i ich zastosowania do przetwarzania i analizy obrazów
6. Głębokie sieci rekurencyjne (*LSTM*) – własności oraz przykłady zastosowań
7. Modele generatywne (*GAN*, *VAE*, *DBM*) – własności oraz przykłady zastosowań

Projekt obejmuje implementację wybranych modeli sieci głębokich, analizę ich własności, badanie zależności pomiędzy strukturą i parametryzacją sieci a jakością wyników.

Optimization in Data Analysis (Semestr 1, W 30, P 45)

Treści kształcenia:

1. Wprowadzenie do podstawowych metod optymalizacji dla zadań bez ograniczeń
2. Metoda Gaussa-Newtona i Levenberga-Marquardta rozwiązywania nieliniowego zadania najmniejszych kwadratów
3. Zastosowanie metod dla zadania najmniejszych kwadratów do klasyfikacji danych oraz uczenia sieci neuronowych
4. Zastosowanie przyrostowej metody gradientowej do rozwiązywania zadania najmniejszych kwadratów
5. Filtr Kalmana w zastosowaniu do rozwiązywania zadania najmniejszych kwadratów
6. Warunki optymalności dla zadań z ograniczeniami
7. Programowanie wypukłe i dualność
8. Wprowadzenie do metod punktu wewnętrznego stosowanych w programowaniu stożkowym
9. Podstawowe metody optymalizacji całkowitoliczbowej
10. Model SVM dla binarnej klasyfikacji danych, reprezentacja funkcji strat w przestrzeni prymalnej i dualnej
11. Metody optymalizacji w zastosowaniu do budowy modelu SVM
12. Metody optymalizacji w zastosowaniu do budowy modeli regresji liniowej w oparciu o podejście LASSO
13. Subgradientowe metody proksymalne stosowane w analizie danych
14. Metody optymalizacji ze stochastyczną aproksymacją gradientu
15. Metody równoległe i rozproszone optymalizacji w zastosowaniu do analizy danych.

Student wykonuje projekt związany z zastosowaniem wybranych metod optymalizacji do budowy modelu regresji w oparciu o podejście LASSO, względnie modelu SVM w prymalnej, dualnej. Projekt obejmuje analizę efektywności zastosowanych metod optymalizacji.

Natural Language Processing (Semestr 2, W 15, Ć 15, P 45)

Treści kształcenia:

1. Wstęp do wyszukiwania informacji: teoria informacji, metody NLP/text mining, statystyka, lingwistyka, zagadnienia w procesie przetwarzania tekstu: lematyzacja, stemming
2. Słowa i zdania: wyrażenia regularne, tokenizacja, odległość edytorska, lingwistyka: poziomy opis języka, morfologia: słotwórstwo, fleksja, stemmery, części mowy, algorytm soundex^[1], błędy ortograficzne

3. Źródła danych: korpusy tekstu
4. Modele reprezentacji tekstu, m.in. modele wektorowe (word embeddings) - word2vec, gloVe, FastText, ELMO, FLAIR, BERT
5. Architektury głębokich modeli neuronowych - rekurencyjne, rekursywne, konwolucyjne i dynamiczne sieci do zastosowań rozpoznawania tekstu: modelowania języka, analizy opinii, parsowania tekstu, klasyfikacji zdań
6. Statystyczne metody przetwarzania języka naturalnego, modelowanie języka, n-gramy, kolokacje, ujednoznacznianie (word sense disambiguation)
7. Analiza gramatyczna (POS tagging, parsowanie)
8. Ekstrakcja informacji, NER (named-entity recognition), ekstrakcja relacji, semantyka informacji (ontologie, budowa ontologii z tekstu)
9. Wyszukiwanie informacji: indeks odwrócony, miary podobieństwa, ranking wyników, analiza linków (PageRank, HITS), architektury komercyjnych systemów, mierzenie jakości zwracanych wyników, wizualizacja wyników wyszukiwania, architektury komercyjnych systemów wyszukiwania informacji/baz wiedzy
10. Zastosowania:
 - a) Kategoryzacja i grupowanie dokumentów (grupowanie hierarchiczne, LDA – latent Dirichlet allocation)
 - b) Analiza zabarwienia emocjonalnego tekstu (sentiment analysis)
 - c) Odpowiadanie na zapytania (question answering)
 - d) agenci dialogowi (chatbots)
 - e) Streszczanie dokumentów
 - f) Tłumaczenia automatyczne
 - g) Rekomendacje oparte na treści

Ćwiczenia i projekt obejmują opracowanie metod i aplikacji z zakresu tematyki przedmiotu, aplikacje mają na celu przetwarzanie tekstu i danych pochodzących ze stron internetowych lub korpusów tekstu.

Tematyka prac magisterskich powiązana jest z szeroko rozumianą tematyką prac badawczych prowadzonych na Wydziale w szczególności dotyczy uczenia maszynowego, systemów analizy danych, analizy danych tekstowych i wideo, bioinformatyki, statystyki, metod grafowych oraz przetwarzania i analizy danych wieloskalowych.

2.2. Metody kształcenia

W zależności od form zajęć stosowane są różne metody dydaktyczne: podające (początkowo wykład informacyjny, później – problemowy), problemowe (ćwiczenia), praktyczne (laboratoria, seminaria, praktyki zawodowe, projekty), badawcze (projekt zespołowy, praca dyplomowa).

Stosowane metody kształcenia uwzględniają samodzielne uczenie się studentów, aktywizujące formy pracy ze studentami oraz umożliwiają studentom osiągnięcie zakładanych efektów uczenia się, w tym w szczególności w przypadku studentów studiów pierwszego stopnia – przygotowanie do prowadzenia badań, zaś studentom studiów drugiego stopnia – udział w prowadzeniu badań w warunkach właściwych dla zakresu działalności badawczej związanej z ocenianym kierunkiem, w sposób umożliwiający bezpośrednie wykonywanie prac badawczych przez studentów.

Przygotowanie studentów studiów pierwszego stopnia do prowadzenia badań odbywa się stopniowo, poprzez udział w laboratoriach, gdzie implementują wybrane metody, przeprowadzają testy oraz z wykorzystaniem zalecanej literatury, formułują wnioski. Umiejętności badawcze rozwijane są również w ramach przygotowywania przez studenta pracy licencjackiej. Studenci studiów drugiego stopnia zdobywają wiedzę i rozwijają umiejętności związane z prowadzeniem badań w ramach seminarium dyplomowego i pracy dyplomowej, których tematyka jest związana z prowadzonymi na

Wydziale badaniami. Część prac magisterskich jest realizowana w ramach prowadzonych na Wydziale projektów.

Ocena osiągnięcia zakładanych efektów uczenia się przeprowadzana jest przez prowadzącego zajęcia, na podstawie przyjętej formy zaliczenia opisanej w regulaminie przedmiotu i karcie przedmiotu oraz wiedzy i doświadczenia oceniającego. Zaliczenie obejmuje treści i efekty uczenia się przedmiotu. Na Wydziale wdrożono „Procedurę przeprowadzania sprawdzianów (częściowych, zaliczeniowych, egzaminacyjnych itp.), której celem jest przeciwdziałanie niesamodzielności zdających. Na wybranych zajęciach komputerowych wdrożono system „fair play” eliminujący nieuczciwe zachowania studentów. Prace zaliczeniowe i egzaminy są przechowywane przez kierowników przedmiotów przez okres dwóch lat, zgodnie z Zarządzeniem Rektora PW nr 144/2020 z dnia 20.11.2021.

W ramach przedmiotów zespołowych stosuje się podział oceny, wyróżniając dwa aspekty pracy. Inżynierię oprogramowania / inżynierię analizy danych, czyli technologiczne i metodologiczne podejście do wytwarzania oprogramowania lub analizy danych, które jest weryfikowane przez osobę pełniącą rolę opiekuna ze strony organizacji, którą jest prowadzący grupę projektową (np. w ramach przedmiotów takich jak Projekt Zespołowy, Warsztaty Badawcze, Projekt interdyscyplinarny). Merytoryczną wartość pracy / realizację wymagań funkcjonalnych weryfikuje opiekun od strony klienta, którym jest promotor pracy inżynierskiej, w przypadku Projektu zespołowego, lub osoba wydelegowana z ramienia współpracującej przy realizacji projektu instytucji (w przypadku innych projektów).

Dodatkowo, na przedmiotach mających budować umiejętność współpracy i kształtować odpowiedzialność za wykonywane prace (np. Kreatywne Rozwiązywanie Problemów, Projekt Interdyscyplinarny) zespoły są zachęcane do przeprowadzania samooceny, mającej wyłonić spośród nich osoby, które w sposób szczególny przyczyniły się do realizacji projektu, jak i osoby, które były mniej zaangażowane niż pozostałe.

W ramach niektórych zajęć laboratoryjnych i projektowych (między innymi Projekt interdyscyplinarny, Zaawansowane Programowanie Obiektowe i Funkcyjne, Warsztaty Badawcze) studenci pracują z wykorzystaniem rozproszonych systemów kontroli wersji (Git) do których zapraszają prowadzącego chcąc pokazać postępy pracy. Poza przygotowaniem studentów do standardów pracy zespołowej stosowanych w życiu zawodowym, pozwala to na lepszą kontrolę udziału poszczególnych studentów w rozwoju oprogramowania. Wszyscy studenci posiadają konta na uczelnianej platformie MS Teams, gdzie w ramach kanałów grupowych prowadzone są dodatkowe konsultacje z prowadzącymi oraz które są wykorzystywane do publikacji dodatkowych zadań do samodzielnej realizacji w zespołach (np. Warsztaty Badawcze). Jest to także kanał komunikacyjny do przekazywania dokumentacji projektowej (np. Projekt Zespołowy).

Wiele przedmiotów (np. Projekt interdyscyplinarny, Warsztaty Badawcze, Projekt Zespołowy) wymaga od studentów samodzielnego poszerzania wiedzy w oparciu o anglojęzyczne materiały. Dotyczy to między innymi zapoznawania się z nowymi technologiami (biblioteki, pakiety, API) i metodami uczenia maszynowego, które jeszcze nie doczekały się opisu w języku polskim. Dodatkowo, kompetencje w zakresie znajomości języka obcego rozwijane i weryfikowane są na lektoratach.

2.3. Kształcenie na odległość

W ramach kierunku studiów IAD nie są ani nie były oferowane studia niestacjonarne. Wykorzystanie metod i technik kształcenia na odległość miało zatem kluczowe znaczenie wyłącznie w okresach nauki zdalnej wymuszonej sytuacją pandemiczną. Wśród wykorzystywanych metod i technik kształcenia na odległość należy wymienić:

- W przypadku nauki zdalnej: realizację zajęć z wykorzystaniem platform pracy grupowej w tym szczególnie platformy Ms Teams dostępnej dla wszystkich studentów i pracowników uczelni, o kontach użytkowników prekonfigurowanych dla w/w osób przez Centrum Informatyzacji PW. Platforma Ms Teams zapewniała zarówno możliwość spotkań, w których następowała transmisja audio i wideo, jak i rejestrację np. wykładów w celu zapewnienia późniejszego dostępu do nagrań. Ważnym przypadkiem użycia platform pracy zdalnej takich jak Ms Teams było również udostępnianie ekranów studentów w celu uzyskania wsparcia prowadzącego zajęcia w rozwiązywaniu problemów np. związanych z przygotowaniem kodu oprogramowania.
- W przypadku nauki zdalnej i nauki w trybie stacjonarnym:
 - wykorzystanie platform Ms Teams oraz Moodle (<https://moodle.usos.pw.edu.pl>) zapewnianych przez Centrum Informatyzacji PW m.in. do udostępniania materiałów wykładowych i materiałów pomocniczych dla zainteresowanych studentów, udostępniania treści zadań studentom, udzielania odpowiedzi na pytania związane z przedmiotem, jak również do gromadzenia rozwiązań zadań realizowanych przez studentów
 - Wykorzystanie platformy Ms Teams do realizacji konsultacji i ułatwionego zachowania zasad dystansu społecznego
 - Wykorzystanie zasobów udostępnianych przez Bibliotekę Główną PW (<https://bg.pw.edu.pl/#wszystkie-zasoby>) w postaci m.in. e-książek i baz danych artykułów naukowych w tym m.in. wydawców takich jak Springer, Elsevier, IEEE, ACM i innych
 - Wykorzystanie serwisów internetowych wydziału i podstron pracowników do udostępniania programów studiów, materiałów dla studentów, jak również informacji organizacyjnych związanych z realizacją studiów (np. w ramach dedykowanej podstrony dla dyplomantów) i realizacją poszczególnych przedmiotów
 - Wykorzystanie platformy USOS (<https://usosweb.usos.pw.edu.pl/>) m.in. do zapewniania studentom dostępu do planu zajęć, zasad zaliczenia, uzyskiwanych ocen częściowych i finalnych.

2.4. Dostosowanie procesu uczenia się do zróżnicowanych potrzeb

Student niepełnosprawny może zwrócić się do dziekana z wnioskiem o wyznaczenie opiekuna wydziałowego, którego zadaniem jest określanie i przedstawianie dziekanowi szczególnych potrzeb studenta w zakresie organizacji i realizacji procesu dydaktycznego, w tym dostosowania warunków odbywania studiów do rodzaju niepełnosprawności. Student niepełnosprawny może się zwrócić do dziekana o wyrażenie zgody na odbywanie studiów wg indywidualnego planu studiów. Wspólnie z opiekunem student ustala i przedkłada dziekanowi indywidualny plan studiów dostosowujący tryb i warunki jego odbywania do rodzaju niepełnosprawności. Student niepełnosprawny może ubiegać się o dofinansowanie: transportu związanego z aktywnością akademicką, usługi asystenta osoby niepełnosprawnej, usługi tłumacza języka migowego. Student niepełnosprawny może skorzystać z porad psychologa oraz z doradztwa zawodowego.

Student niepełnosprawny może również zwrócić się do dziekana z wnioskiem o dostosowanie form zaliczania przedmiotu do jego niepełnosprawności. Prodziekan ds. studenckich konsultuje się z sekcją ds. osób niepełnosprawnych PW w celu dobrania właściwych form zaliczania przedmiotu stosownie do niepełnosprawności studenta. Do najczęściej stosowanych form należy wydłużanie czasu pisania prac pisemnych, zamiana egzaminu ustnego na egzamin pisemny, zapewnienie odpowiedniego nagłośnienia sali (pętla indukcyjna – specjalne mikrofony dla osób niedosłyszących). Prodziekan ds. studenckich uprzedza prowadzących zajęcia o szczególnych potrzebach studentów niepełnosprawnych.

Budynek Wydziału jest w pełni dostosowany do potrzeb osób niepełnosprawnych. Wydział zapewnia również miejsca parkingowe w garażu budynku dla studentów niepełnosprawnych.

2.5. Możliwość realizowania indywidualnych ścieżek kształcenia

Indywidualny plan studiów oraz indywidualna organizacja studiów ustalane są zgodnie z §24 Regulaminu Studiów w Politechnice Warszawskiej dostępnym na stronie internetowej uczelni. Możliwość studiowania według indywidualnego planu studiów (§28 Regulaminu Studiów) przeznaczona jest dla studentów osiągających wyróżniające wyniki w nauce. Student wraz z opiekunem przedstawia prodziekanowi ds. nauczania indywidualny plan studiów, czyli zestaw przedmiotów wymaganych do zaliczenia. Prodziekan zatwierdza indywidualny plan studiów po sprawdzeniu, czy plan uwzględnia osiągnięcie wszystkich efektów uczenia się zgodnych z programem studiów.

O indywidualną organizację studiów, czyli sposób organizacji studiów obejmujący indywidualne wymagania rejestracyjne, mogą ubiegać się m.in. studenci posiadający wybitne osiągnięcia (w szczególności naukowe, artystyczne lub sportowe), studenci realizujący więcej niż jeden program studiów stacjonarnych, studenci niepełnosprawni, a także studenci, których stan zdrowia uniemożliwia wypełnienie obowiązków studenckich w normalnym trybie.

2.6. Harmonogram realizacji studiów

Zarówno ogólne zasady organizacji toku studiów, jak i harmonogram realizacji studiów określony jest w regulaminie studiów Politechniki Warszawskiej. Szczegółowy program studiów Inżynieria i Analiza Danych I oraz II stopnia jest opracowywany i aktualizowany przez Komisję Programową dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych, a następnie zatwierdzany przez Dziekana i Radę Wydziału. Studia inżynierskie I stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza danych realizowane są w ciągu 7 semestrów, zaś studia II stopnia w ciągu 3 semestrów (w przypadku kandydatów wymagających dodatkowego przygotowanie program jest realizowany w ciągu 4 semestrów, gdzie dodatkowy semestr przeznaczony jest na wyrównanie różnic programowych). Warto odnotować, że o ile językiem wykładowym studiów I stopnia jest język polski, o tyle na w przypadku studiów II stopnia od 2020 roku jest to język angielski. W przypadku obu stopni kształcenia przedmioty prowadzone są w formie wykładów, ćwiczeń audytoryjnych i komputerowych, wymagają stałego kontaktu z prowadzącym w trakcie zajęć. Osiągnięcie zakładanych efektów uczenia się wymaga także od studentów dużego nakładu pewnej pracy własnej ze względu na dynamiczny rozwój obszaru kierunkowego. Poza godzinami ćwiczeń i wykładów studenci mogą korzystać z konsultacji pracowników prowadzących zajęcia.

Regulamin studiów PW dopuszcza możliwość wydłużenia czasu trwania studiów o maksymalnie dwa semestry. Oznacza to, że student może wnioskować o ponowną rejestrację na rok, na którym nie uzyskał minimalnej, potrzebnej do zaliczenia, liczby punktów ECTS. Uzyskanie minimalnej liczby punktów oznacza rejestrację warunkową i konieczność powtórzenia niezaliczonych przedmiotów. Minimalna liczba punktów ECTS przy rejestracji na kolejny semestr określona jest dla wszystkich kierunków studiów Zarządzeniem nr 7/2020 Dziekana Wydziału MiNI z dnia 23.11.2020 r. Informacja dla studentów dostępna jest na stronie internetowej Wydziału w sekcji Studia – Informacje dziekanatu.

Studia pierwszego stopnia

Na studiach pierwszego stopnia studenci mają możliwość zdobycia 210 ECTS, w tym 39 ECTS w obszarze przedmiotów podstawowych: matematycznych 32 ECTS i fizyki 7 ECTS, 120 ECTS w obszarze przedmiotów kierunkowych. Warto odnotować, że 33 ECTS studenci realizują w ramach specjalnie przygotowanych dla kierunku przedmiotów obieralnych (bez uwzględniania przedmiotów kierunkowych w blokach obieralnych).

W trakcie pierwszego roku, tj., na **semestrze 1 i 2** przedmioty podstawowe realizują 32 z 60 możliwych do zdobycia punktów ECTS, zaś wprowadzające przedmioty kierunkowe 16 ECTS (z 60 ECTS). Na kolejnych semestrach realizowane są (coraz bardziej zaawansowane) przedmioty kierunkowe, zarówno z zakresu kompetencji inżynierskich oraz informatycznych, jak i specjalistycznych

przedmiotów matematycznych. Dokładniej, w trakcie **semestru 3** kierunkowe efekty uczenia się odpowiadają za 26 ECTS / 30 ECTS, **semestru 4** – 22 ECTS / 30 ECTS, **semestru 5 i 6**, odpowiednio, 26 ECTS i 18 ECTS na 30 ECTS możliwych do zdobycia na każdym semestrze. Ostatni, **7 semestr**, jest poświęcony w większości na przygotowanie projektu inżynierskiego, stąd przedmioty kierunkowe realizują 7 ECTS z 30 ECTS. W miarę wzrostu stopnia zaawansowania programu, studenci uzyskują możliwość wyboru przedmiotów z puli wyselekcjonowanych przedmiotów obieralnych. W trakcie **semestru 4** realizowanych w ten sposób są co najmniej 4 ECTS, na **semestrze 6 i 7** jest to, odpowiednio, 8 ECTS i 21 ECTS (wliczając Pracę dyplomową inżynierską i seminarium dyplomowe). Dalej, studenci realizują trzy przedmioty z grupy przedmiotów humanistyczno-ekonomicznych – łącznie 6 ECTS (na 1, 2 i 7 semestrze) oraz trzy bloki językowe (na 2, 3 i 4 semestrze) dające łącznie 12 ECTS.

Co istotne, 50,95% wszystkich punktów ECTS jest realizowana przez przedmioty przygotowane i oferowane tylko dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych. Tabela zawiera podsumowanie rozkładu punktów ECTS oraz godzin w poszczególnych grupach przedmiotów. Ponad 50% punktów ECTS jest realizowana przez zajęcia wymagające bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego (110 / 210 ECTS). Co więcej, 66,19% wszystkich punktów (139/210 ECTS) dotyczy przedmiotów związanych bezpośrednio z tematyką prowadzonych na Wydziale badań. Dalej, 31,43% stanowią punkty ECTS realizowane przez przedmioty obieralne.

Przedmioty	Przedmioty	Pkt. ECTS	W	C	L	P	Suma godz.
Podstawowe	Matematyka	32	13	14	1	0	420
	Fizyka	7	5	0	2	0	105
Kierunkowe	Inżynieria i Analiza Danych	120	45	13	38	8	1560
	Obieralne (<i>bez kierunkowych</i>)	33	4	2	8	0	210
Humanistyczno-ekonomiczne	HES	6	1	6	0	0	105
Inne	Język obcy	12	0	12	0	0	180
	Wychowanie fizyczne	0	0	6	0	0	90
	Razem:	210	68	53	49	8	2670

W przypadku różnych form prowadzenia zajęć w programie studiów inżynierskich 38.2% stanowią wykłady, 29.8% ćwiczenia, 27.5% zajęcia w laboratorium komputerowym oraz 4.5% zajęcia czysto projektowe.

Studia drugiego stopnia

Na studiach drugiego stopnia studenci mają możliwość zdobycia 90 ECTS – dla programu 3-semestralnego oraz 120 ECTS – dla programu 4-semestralnego. Warto zwrócić uwagę, że aż 71,11% w przypadku programu 3-semestralnego oraz 65,83% w przypadku programu 4-semestralnego punktów ECTS przyporządkowanych jest zajęciom związanym z prowadzoną na Wydziale działalnością naukową w dyscyplinie Informatyka techniczna i telekomunikacja - odpowiednio, 64 ECTS i 79 ECTS. Punkty ECTS odpowiadające zajęciom prowadzonym w bezpośrednim udziałem nauczyciela to w przypadku programu 3-semestralnego to 52,86% (38 ECTS bez uwzględnienia pracy dyplomowej) oraz w przypadku programu 4-semestralnego to 55% (55 ECTS bez uwzględnienia pracy dyplomowej). Dalej, 46,67% i 40% wszystkich punktów ECTS odpowiada zajęciom do wyboru (odpowiednio, 40 ECTS + 2 ECTS (HES) i 46 ECTS + 2 ECTS (HES)). Warto zwrócić uwagę także, na znaczący wzrost zajęć praktycznych. W przypadku studiów inżynierskich liczba godzin zajęć projektowych wynosiła ok. 4,5%, zaś na studiach magisterskich jest to już 30% i 22,3% odpowiednio dla programu 3 i 4-semestralnego.

Odnotujemy, że przedmioty wspólne z innymi kierunkami dotyczą tylko semestru pierwszego programu 4-semestralnego czyli przedmiotów uzupełniających kompetencje inżynierskie.

Przedmiot	Pkt. ECTS	W	C	L	P	Suma godz.
Program 3-semestralny						
Obieralne (bez HES)	40	7	6	5	0	270
HES	5	0	4	0	0	60
Kierunkowe	45	12	1	7	18	570
Razem:		19	11	12	18	900
Program 4-semestralny						
Obieralne (bez HES)	46	10	6	7	0	345
HES	5	0	4	0	0	60
Kierunkowe	45	12	1	7	18	570
Uzupełniające	24	10	1	8	1	300
Razem:		32	10	22	19	1275

Szczegółowe treści kształcenia zawarte są w kartach przedmiotów:

- dla studiów pierwszego stopnia w Załączniku 2.1a do raportu samooceny zawierającym program studiów pierwszego stopnia
- dla studiów drugiego stopnia w Załączniku 2.1b do raportu samooceny zawierającym program studiów drugiego stopnia.

2.7. Języki obce

Na studiach pierwszego stopnia studenci muszą zaliczyć 3 sześćdziesięciogodzinne lektoraty języka obcego. Student powinien udokumentować swoją znajomość wybranego języka obcego zaliczonym egzaminem na poziomie B2 (zarówno zajęcia z języków obcych, jak i egzaminy prowadzone są przez Studium Języków Obcych PW). Na drugim stopniu studiów nie prowadzi się lektoratów językowych, gdyż studia prowadzone są w języku angielskim. Ze względu na charakter prowadzonych badań i rosnące ambicje publikacyjno-badawcze studentów, wiele prac inżynierskich i magisterskich powstaje w języku angielskim. Na zakończenie studiów II stopnia w języku angielskim studenci muszą wykazać się certyfikatem na poziomie C1. Mogą w tym celu zapisać się na fakultatywne zajęcia z języka angielskiego.

2.8. Formy zajęć i liczebność grup studenckich

Liczebność grup na zajęciach jest określona przez załącznik nr 7 do Regulaminu pracy PW. Zgodnie z w/w załącznikiem:

Par. 2 ust. 3 Zaleca się następującą liczebność grup studentów na zajęciach dydaktycznych, w zależności od ich rodzaju, prowadzonych przez jednego nauczyciela akademickiego:

1. wykłady 15-100 studentów
2. ćwiczenia audytoryjne 15-24 studentów
3. ćwiczenia projektowe 8-12 studentów
4. zajęcia komputerowe 10-20 studentów, przy czym jedno stanowisko komputerowe powinno być użytkowane przez jednego studenta
5. lektoraty 10-14 studentów
6. seminaria 10-30 studentów
7. zajęcia w laboratorium 8-10 studentów

przy czym liczba studentów na laboratorium nie może przekraczać liczby ograniczonej przepisami BHP, zgodnie z § 54 ust. 2 pkt 2 Regulaminu i przepisami przeciwpożarowymi.

Uwaga: zgodnie z Regulaminem Pracy: *W semestrze zimowym roku akademickiego 2020/2021 przy organizowaniu zajęć w formie wykładów nie stosuje się ograniczenia wynikającego z przepisu § 2 ust. 3 pkt. 1 załącznik nr 7 do Regulaminu pracy PW.*

Na wniosek nauczyciela dziekan wyraża zgodę na zmniejszoną liczebność grup (np. na seminariach dyplomowych). Informacje o maksymalnej liczebności grup podane są w kartach przedmiotów.

2.9. Program i organizacja praktyk

Praktyki studenckie organizowane lub współorganizowane przez Wydział i ujęte w planach studiów na kierunku Inżynieria i Analiza Danych na studiach pierwszego stopnia trwają 160 godzin (4 tygodnie pracy w pełnym wymiarze godzinowym) i muszą zostać rozliczone do końca 6. semestru studiów. Plan studiów drugiego stopnia nie przewiduje obowiązkowych praktyk studenckich. Przed rozpoczęciem praktyki opiekun praktyk wraz z pełnomocnikiem ds. praktyk studenckich uzgadnia program praktyk tak, by odpowiadał on programowi studiów. Po zakończeniu praktyki pracodawca potwierdza zrealizowanie programu praktyki oraz wypełnia ankietę, w której ocenia, w jakim stopniu wiedza i umiejętności zdobyte na studiach były przydatne w realizacji praktyk.

Nadzór nad realizacją praktyk sprawuje pełnomocnik dziekana ds. praktyk. Program praktyk wewnętrznych odbywanych na Wydziale MiNI wymaga dodatkowo akceptacji prodziekana ds. studenckich. W przypadku praktyk realizowanych w podmiotach zewnętrznych pracodawca wyznacza osobę odpowiedzialną za opiekę nad praktykantem, która uzgadnia z pełnomocnikiem program praktyk oraz nadzoruje ich realizację. Jeśli praktyki są realizowane w jednostkach organizacyjnych Wydziału, to tę rolę sprawuje bezpośrednio nauczyciel akademicki, który przyjął studenta na praktyki.

Regulamin praktyk jest ogólnodostępny dla studentów na wydziałowej stronie internetowej praktyk studenckich: <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/inzynierskie-i-licencjackie/praktyki/>.

Studenci wybierają firmę bądź instytucję, w której chcą realizować praktyki i przechodzą proces rekrutacyjny charakterystyczny dla danej firmy/instytucji. Program praktyk musi zostać zaakceptowany przez pełnomocnika ds. praktyk studenckich. Studenci są zachęceni do skorzystania z ofert:

- nadsyłanych przez firmy, z którymi Politechnika Warszawska podpisała porozumienie o współpracy (np. Ministerstwo Finansów, PricewaterhouseCoopers, Mazowiecki Urząd Wojewódzki)
- publikowanych na stronie internetowej Biura Karier PW, <https://www.bk.pw.edu.pl/>
- rozsyłanych przez pełnomocnika na studenckie listy mailingowe lub wywieszanych na tablicach ogłoszeń na Wydziale.

Studenci kierunku Inżynieria i Analiza Danych odbywają praktyki przede wszystkim w firmach i instytucjach prowadzących badania naukowe lub zawierających działy badawczo-rozwojowe związane ze statystyką i analizą danych, są to między innymi

- Politechnika Warszawska, Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych
- PwC Polska Sp. z o.o.
- Accenture Sp. z o.o.
- Lingaro Sp. z o.o.
- Allegro Pay Sp. z o.o.

Na Wydziale MiNI organizowane są także spotkania warsztatowo-informacyjne z firmami oferującymi praktyki i staże dla studentów (np. z PricewaterhouseCoopers, z Google, z Rządowym Zespołem Reagowania na Incydenty Komputerowe Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, itp.), a także różnego rodzaju spotkania z pracodawcami (Targi Pracy IT PW, Warszawskie Dni Informatyki).

Każdy student ma obowiązek zaliczyć praktyki studenckie, a limity miejsc na poszczególnych stanowiskach ustalają indywidualnie firmy/instytucje, w których studenci realizują praktyki.

2.10. Kształcenie prowadzące do uzyskania kompetencji inżynierskich

Absolwenci kierunku Inżynieria i Analiza Danych posiadają kompetencje inżynierskie dzięki osiągnięciu wiedzy i umiejętności określonych w stosownych efektach uczenia się. Są oni również przygotowani do pracy zawodowej, podejmowania różnorodnych problemów technicznych z zakresu inżynierii danych oraz pracy w interdyscyplinarnych zespołach. Mają doświadczenie w samodzielnym rozwiązywaniu realnych problemów i tworzeniu systemów informatycznych związanych z analizą i przetwarzaniem danych. Na **pierwszym stopniu studiów** powyżej wymienione kompetencje zapewnione są przez osiągnięcie następujących efektów uczenia się:

- Ma elementarną wiedzę w zakresie elektroniki i telekomunikacji, potrzebną do zrozumienia technik cyfrowych i zasad funkcjonowania współczesnych komputerów, a także sieci bezprzewodowych.
- Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie informatyki, w tym w zakresie języków i paradygmatów programowania, komunikacji człowiek-komputer, baz danych i inżynierii oprogramowania.
- Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i technologie inżynierskie stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań informatycznych z zakresu budowy systemów komputerowych, sieci komputerowych i technologii sieciowych.
- Ma umiejętność projektowania sieci komputerowych; potrafi pełnić funkcję administratora sieci komputerowej i zabezpieczyć dane przed nieuprawnionym odczytem.
- Ma umiejętność rozwiązywania zagadnień z zakresu komunikacji człowiek-komputer, formułowania algorytmów i projektowania złożonych lub nietypowych systemów informatycznych.
- Potrafi stworzyć model obiektowy prostego systemu.
- Potrafi sformułować specyfikację systemów informatycznych w odniesieniu do sprzętu, oprogramowania systemowego i cech funkcjonalnych aplikacji.
- Potrafi – zgodnie z zadaną specyfikacją – zaprojektować oraz zrealizować system informatyczny, używając właściwych metod, technik i narzędzi.
- Potrafi pracować indywidualnie i w zespole informatyków, w tym także potrafi zarządzać swoim czasem oraz podejmować zobowiązania i dotrzymywać terminów, jak również stosować i promować stosowanie zasad etyki zawodowej.
- Potrafi pracować z odbiorcami tworzonych rozwiązań informatycznych i analitycznych, aktywnie uczestnicząc w dyskusji potrzeb, możliwych rozwiązań i zasad pozyskania i przetworzenia danych oraz ich wykorzystania jako kapitału przedsiębiorstwa i podstawy działań na rzecz interesu publicznego.
- Jest przygotowany do współdziałania i pracy w grupie, przyjmując w niej różne role oraz dbając o współtworzenie dorobku i tradycji zawodowych.

W przypadku studiów drugiego stopnia kandydaci przyjmowani na program 3-semesteralny muszą posiadać stopień inżyniera. Osoby wymagające dodatkowego przygotowania inżynierskiego kierowane są na indywidualnie dobrany dla nich program studiów 4-semesteralnych. W ramach pierwszego semestru tego programu Wydział zapewnia możliwość osiągnięcia wymaganych efektów uczenia się.

Kryterium 3. Przyjęcie na studia, weryfikacja osiągnięcia przez studentów efektów uczenia się, zaliczanie poszczególnych semestrów i lat oraz dyplomowanie

3.1. Przyjęcie na studia

Przyjęcie studentów na Politechnikę Warszawską odbywa się na podstawie art. 69, art. 70 ust. 1-4, art. 72 ust. 1 i art. 323 ust. 1 pkt 6 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478, z późn. zm.). Szczegółowe zasady rekrutacji określone są co roku oddzielną uchwałą Senatu PW. W przypadku roku akademickiego 2021/2022 zostały określone w uchwale Senatu PW nr 518/XLIX/2020 z dnia 17 czerwca 2020 r.

Proces rekrutacji odbywa się z wykorzystaniem systemu informatycznego REKRUTACJA opracowanego przez Centrum Informatyzacji PW. System ten zakłada każdemu zarejestrowanemu kandydatowi Indywidualne Konto Rekrutacyjne (IKR). Warunkiem ubiegania się o przyjęcie na studia wymienione w ust. 1 pkt 2 jest internetowe zarejestrowanie się kandydata w systemie REKRUTACJA, terminowe wniesienie opłaty rekrutacyjnej oraz przedstawienie wymaganych dokumentów w wyznaczonym terminie. O przyjęcie na studia prowadzone w języku angielskim mogą ubiegać się obywatele RP posiadający certyfikat znajomości języka angielskiego na poziomie co najmniej B2, osoby posiadające maturę lub dyplom wydany w szkole anglojęzycznej lub na studiach anglojęzycznych, osoby posiadające maturę EB lub IB, osoby, które zdawały egzamin maturalny z języka angielskiego na poziomie dwujęzycznym lub w klasie dwujęzycznej oraz osoby, których wynik egzaminu maturalnego z języka angielskiego zdanego w ramach tzw. nowej matury na poziomie rozszerzonym wynosi co najmniej 80%.

3.2. Rekrutacja na studia pierwszego stopnia

Przyjęcia na studia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych zorganizowane jest w formie konkursu. Liczba punktów kwalifikacyjnych PK w konkursie ustalona zgodnie z formułą:

$$PK = Pmat \times Wmat + Pwyb \times W + Pjo \times Wjo$$

w której:

Pmat – punkty z matematyki

Pwyb – punkty z przedmiotu do wyboru lub średnia arytmetyczna ocen z egzaminów kwalifikacyjnych potwierdzających kwalifikacje zawodowe na poziomie technika

Pjo – punkty z języka obcego

Wmat – współczynnik wagowy dla oceny z matematyki

W – współczynnik wagowy dla oceny z przedmiotu do wyboru lub dla średniej ocen z egzaminów potwierdzających uzyskanie kwalifikacji zawodowych na poziomie technika; na tym samym kierunku studiów współczynnik ten może zależeć od wybranego przedmiotu lub zawodu technika

Wjo – współczynnik wagowy dla oceny z języka obcego.

Przedmiot	Matematyka	Fizyka	Chemia	Informatyka	Biologia	Geografia	Język obcy
Oznaczenie ze wzoru	<i>Wmat</i>	<i>W</i>					<i>Wjo</i>
Wartość współczynnika	1,25	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0,25

Tabela 1. Współczynniki wagowe do obliczania punktów w konkursie przyjęć na studia dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych na Wydziale MiNI PW

Współczynniki wagowe *Wmat* i *W* opisane są w Tabeli 1. Maksymalna liczba punktów kwalifikacyjnych wynosi 225.

W celu pozyskania najlepiej przygotowanych kandydatów na studia pierwszego stopnia, Wydział corocznie ustanawia wysokie progi punktowe warunkujące przyjęcie. Dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych zebrane są one w Tabeli 2. Warto dodać, że wysokość progu w danym roku istotnie zależy od trudności egzaminu maturalnego. W ostatnich latach przy rekrutacji próg kwalifikacyjny na kierunek Inżynieria i Analiza Danych należał do najwyższych na Politechnice Warszawskiej. Przyjęte na Wydziale rozwiązania naszym zdaniem funkcjonują w sposób prawidłowy i zapewniają wysoki poziom kształcenia studentów.

Rok akademicki	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022
Limit przyjęć	30	60	60	60	70
Minimalny próg punktowy	194	192	207	202	197
Liczba osób ostatecznie przyjętych	35	55	78	80	68

Tabela 2. Limity przyjęć, progi punktowe oraz wyniki rekrutacji od początku otwarcia kierunku Inżynieria i Analiza Danych

W początkowych latach rekrutacji na kierunek Inżynieria i Analiza Danych zgłosiło się bardzo wielu kandydatów ze względu na atrakcyjność kierunku, gwarancję szybkiej kariery zawodowej, ale przede wszystkim z powodu nieznaności progów punktowych i poziomu oczekiwanego na wejściu na studia. W pierwszym roku było to ponad 24 osoby na miejsce, a w drugim ponad 13. Były to jedne z najwyższych wskaźników w Polsce. Po dwóch latach, gdy stało się jasne, że dostanie się na kierunek jest trudne, a progi punktowe są bardzo wysokie liczba kandydatów zmniejszyła się.

Rekrutacja na studia prowadzona jest z zachowaniem należytej rzetelności i obiektywizmu. Decyzje w procesie rekrutacji podejmuje Wydziałowa Komisja Rekrutacyjna. Od podjętej decyzji przysługuje odwołanie składane do Uczelnianej Komisji Rekrutacyjnej. Limit miejsc na danym kierunku studiów ustala rektor na wniosek dziekana.

3.3. Rekrutacja na studia drugiego stopnia

Przed otwarciem rekrutacji na drugi stopień studiów, organizowane są dla studentów pierwszego stopnia spotkania informacyjne, których celem jest prezentacja aktualnej oferty studiów drugiego stopnia oraz charakterystyki poszczególnych kierunków i specjalności, zasad rekrutacji oraz procesu dyplomowania.

Szczegółowe zasady przyjęć na studia drugiego stopnia ustalone zostały Zarządzeniem z 2/2021 Dziekana Wydziału MiNI z dnia 11 stycznia 2021 r. wraz z załącznikami: *Zasady przyjmowania na studia stacjonarne drugiego stopnia na kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych prowadzonych w języku wykładowym angielskim na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych oraz Zakres wiedzy i umiejętności oczekiwanych od kandydatów na studia II stopnia kierunku Data Science.*

O przyjęcie na studia drugiego stopnia mogą ubiegać się osoby posiadające tytuł licencjata, magistra, inżyniera lub równorzędny. Studia trwające trzy semestry są dedykowane dla absolwentów studiów inżynierskich na kierunkach: Inżynieria i Analiza Danych, Informatyka lub pokrewnych. Studia trwające cztery semestry przeznaczone są dla kandydatów nie posiadających w pełni zrealizowanych inżynierskich efektów uczenia się lub posiadających znaczące różnice programowe. Ostateczna decyzja o zakwalifikowaniu kandydata do programu trwającego trzy lub cztery semestry jest podejmowana przez Wydziałową Komisję Rekrutacyjną. Studia czterosemestralne rozpoczynają się wyłącznie w semestrze zimowym (rekrutacja we wrześniu). Studia trzysemestralne rozpoczynają się wyłącznie w semestrze letnim pozwalając na bezpośrednie przejście na nie absolwentów, którzy skończyli studia pierwszego stopnia w lutym.

Przyjęcie na studia drugiego stopnia odbywa się na podstawie postępowania kwalifikacyjnego. Postępowanie to przeprowadza Wydziałowa Komisja Rekrutacyjna powołana przez Dziekana Wydziału MiNI.

Postępowanie kwalifikacyjne składa się z następujących etapów:

- a) część pisemna postępowania kwalifikacyjnego, składająca się z:
 - i) testu online pozwalającego na ocenę przygotowania kandydata do podjęcia studiów oraz oszacowanie ewentualnych różnic programowych
 - ii) pisemnego sprawdzianu kwalifikacyjnego
- b) rozmowa kwalifikacyjna.

Zaliczenie testu online jest warunkiem koniecznym dopuszczenia do drugiego i trzeciego etapu procedury kwalifikacyjnej. Poszczególne etapy mogą być przeprowadzone w sposób zdalny lub stacjonarny, w zależności od decyzji Komisji Rekrutacyjnej. Postępowanie kwalifikacyjne odbywa się w języku angielskim.

Podczas testu online, sprawdzianu kwalifikacyjnego oraz rozmowy kwalifikacyjnej kandydat powinien wykazać się znajomością materiału na poziomie studiów inżynierskich z kierunku Inżynieria i Analiza Danych w zakresie obowiązującym na Wydziale MiNI (programy studiów dostępne są na wydziałowych stronach internetowych), ze szczególnym uwzględnieniem:

- a) w zakresie matematyki – analizy matematycznej, algebry liniowej, matematyki dyskretniej, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej oraz metod numerycznych
- b) w zakresie informatyki – algorytmów i struktur danych oraz metod składowania i przetwarzania danych
- c) umiejętności programowania w językach wysokiego poziomu.

Szczegółowe informacje na temat zakresu wymaganej wiedzy określone i zaakceptowane przez Komisję Programową kierunku Inżynieria i Analiza Danych znajdują załączniku do zarządzenia dziekana.

Absolwenci studiów pierwszego stopnia jednego z kierunków studiów: Inżynieria i Analiza Danych, Informatyka i Systemy Informacyjne prowadzonych w języku polskim lub angielskim na Wydziale MiNI przystępujący do postępowania kwalifikacyjnego nie później niż 13 miesięcy od daty uzyskania dyplomu inżyniera na tych studiach mogą być (na własną prośbę) zwolnieni z części pisemnej postępowania kwalifikacyjnego i w takim przypadku uzyskują za tę część ocenę równą ich średniej ważonej ocenie ze studiów pierwszego stopnia.

Absolwenci studiów pierwszego stopnia kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych oraz Informatyka i Systemy Informacyjne na Wydziale MiNI przystępujący do postępowania kwalifikacyjnego nie później niż 13 miesięcy od daty uzyskania dyplomu inżyniera na tych studiach, posiadający średnią ważoną ocenę studiów pierwszego stopnia większą lub równą 4,20 mogą być (na własną prośbę) zwolnieni z części ustnej postępowania kwalifikacyjnego i w takim przypadku uzyskują za tę część ocenę równą ich średniej ważonej ocenie ze studiów pierwszego stopnia. O ostatecznym przyjęciu decyduje miejsce na liście rankingowej sporządzonej według średniej ocen ze wszystkich etapów postępowania kwalifikacyjnego, w kolejności od najwyższej do najniższej oceny.

Kandydaci nie będący absolwentami studiów pierwszego stopnia na kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych na Wydziale MiNI mogą być zobligowani do uzupełnienia w ciągu pierwszego roku studiów lub w trakcie dodatkowego semestru wstępnego właściwych dla kierunku przedmiotów wskazanych przez Wydziałową Komisję Rekrutacyjną, a wynikających z przeanalizowania osiągniętych efektów uczenia się na etapie studiów pierwszego stopnia.

W związku z pandemią Covid-19 i koniecznością przeprowadzania zdalnych egzaminów wstępnych Wydziałowa Komisja Rekrutacyjna przyjęła dokument pt. *„Zasady i przebieg egzaminu wstępnego na studia na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych PW w trybie na odległość”*, który bazuje na wytycznych zawartych w §2 załącznika do Zarządzenia Rektora PW z dnia 29.09.2020 r. w sprawie zasad organizowania egzaminów dyplomowych [...] w trybie na odległość.

Liczba kandydatów i przyjętych studentów w ostatnich trzech semestrach zawarta jest w Tabeli 3. **O dużej jakości studiów na kierunku Inżynieria i Analiza danych świadczy fakt, że wszyscy absolwenci stopnia pierwszego, którzy ukończyli studia jako pierwszy rocznik, złożyli dokumenty i zostali przyjęci**

na drugi stopień studiów. Jest to na studiach technicznych, szczególnie w zakresie informatyki, niezwykle rzadka sytuacja. Studenci najczęściej rozpoczynają karierę zawodową jeszcze podczas studiów pierwszego stopnia. Nie mają więc motywacji, aby kontynuować edukację na kolejnym etapie studiowania. Jesteśmy przekonani, że doskonały wynik 100% przejścia na drugi stopień studiów wynika z przedmiotów specjalistycznych gwarantujących rozwój studentów w pożądanym przez przemysł kierunkach, ofercie atrakcyjnych przedmiotów obieralnych oraz licznych projektach realizowanych w ramach warsztatów badawczych, które dają studentom doświadczenia w pracy z analizą realnych danych.

		wrzesień 2020		luty 2021		wrzesień 2021	
		z Polski	obcokrajowcy	z Polski	obcokrajowcy	z Polski	obcokrajowcy
Liczba kandydatów	ogółem	54	21	55	29	22	200
	w tym przyszło na egzamin	53	21	50	29	18	126
Przyjęci	z IAD	–	–	20	–	–	–
	z zewnątrz i innych kierunków MiNI PW	10	1	13	3	6	5

Tabela 3. Kandydaci i wyniki rekrutacji na studiach drugiego stopnia uwzględniające kandydatów międzynarodowych

3.4. Rekrutacja obcokrajowców

Przyjęcie obcokrajowców regulowane jest zasadami określonymi w załączniku nr 4 do Uchwały Senatu PW 518/XLIX/2020 z dnia 17 czerwca 2020 r. Przekazują one obsługę procesu rekrutacji do Centrum Współpracy Międzynarodowej z Zagranicą Politechniki Warszawskiej. Cudzoziemcy mogą zostać przyjęci na studia w języku polskim:

1. na warunkach zwolnienia z opłaty na mocy Ustawy o Szkolnictwie Wyższym
2. na podstawie decyzji NAWA związanej z przyznaniem stypendium
3. na podstawie oddzielnego postępowania konkursowego, na określoną liczbę miejsc na warunkach bez opłat i świadczeń
4. na podstawie zgłoszenia, na warunkach odpłatności.

Cudzoziemcy na studia w języku angielskim przyjmowani są na warunkach odpłatności z wyjątkiem stypendystów NAWA. Kandydaci na studia w języku angielskim rejestrują się w wyznaczonych terminach na stronie www.cwm.pw.edu.pl/apply oraz przysyłają skany następujących dokumentów:

- kandydaci na studia pierwszego stopnia: świadectwo dojrzałości lub dokument równoważny, na którym znajdują się oceny z poszczególnych przedmiotów, z jego tłumaczeniem na język polski lub angielski, chyba że jest wystawiony w jednym z tych języków
- kandydaci na studia drugiego stopnia: dyplom ukończenia studiów pierwsze lub studiów jednolitych oraz wykaz przedmiotów z ocenami, z ich tłumaczeniem na język polski lub angielski, chyba że są one wystawione w jednym z tych języków.

Kandydaci na studia pierwszego stopnia po zarejestrowaniu się i przesłaniu dokumentów, poddawani są testowi on-line kompetencji z matematyki i jęz. angielskiego. W przypadku niepowodzeń w tym teście kandydaci, którego kandydatura została pozytywnie oceniona na podstawie dostarczonych dokumentów, proponuje się przejście na roczny kurs przygotowawczy – Foundation Year, prowadzony przez Studium Języków Obcych PW.

Dokumenty kandydatów na studia drugiego stopnia są przekazywane na odpowiednie wydziały, do zaopiniowania. W przypadku Wydziału MiNI i kierunku Inżynieria i Analiza Danych jest to Pełnomocnik

Dziekana ds. studiów na kierunku Inżynieria i Analiza Danych. Wydaje on opinię, czy przygotowanie kandydata rokuje pozytywną kontynuacją studiów. Kandydaci otrzymują warunkową decyzję o przyjęciu na studia w ramach ustalonego limitu miejsc i jeżeli ich kandydatura zostanie oceniona pozytywnie.

Warto zauważyć, że w roku 2021 liczba cudzoziemców aplikujących na studia drugiego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych znacznie wzrosła. Wynika to ze zmniejszenia wysokości opłaty rekrutacyjnej wykonanej na mocy zmian w Ustawie o Szkolnictwie Wyższym. Pomimo trudności z przetwarzaniem tak dużej liczby dokumentów kandydatów, Wydział utrzymał wysokie wymagania stawiane przy wstępie na studia drugiego stopnia, które wynikają również z faktu posiadania własnych bardzo dobrych kandydatów ze studiów pierwszego stopnia. Z 200 obcokrajowców, którzy złożyli dokumenty zaakceptowanych zostało jedynie 5. Pozwala to na ciągłe utrzymywanie wysokiej jakości nauczania na studiach Data Science.

3.5. Zasady uznawania efektów uczenia się

Na studia prowadzone na Wydziale MiNI nie przyjmuje się studentów w wyniku *potwierdzania efektów uczenia się*.

Przyjmowanie studentów z innych uczelni w drodze przeniesienia odbywa się na podstawie procedury określonej w regulaminie studiów na PW w §13. Decyzję o przeniesieniu modułów kształcenia lub zajęć zaliczonych przez studenta poza jednostką macierzystą podejmuje dziekan na wniosek studenta, po zapoznaniu się z przedstawioną przez studenta dokumentacją przebiegu studiów odbytych poza jednostką macierzystą. Związane jest to z częściowym lub całkowitym uznaniem efektów uczenia na innej uczelni. Warunkiem koniecznym jest zaliczenie w pełni I roku studiów, w przypadku studiów pierwszego stopnia, oraz pierwszego semestru w przypadku studiów drugiego stopnia. Pełnomocnik Dziekana ds. Studiów na Kierunku Inżynieria i Analiza Danych analizuje zgodność programu zrealizowanego przez kandydata i wyznacza konieczne do uzupełnienia różnice programowe. Zbyt duża liczba różnic może być przyczyną nieuzyskania zgody na przeniesienie. W przypadku studiów pierwszego stopnia brane są pod uwagę punkty zdobyte przez kandydata na egzaminie maturalnym. Muszą one być nie mniejsze niż próg obowiązujący w roku, w którym rozpoczął się rok akademicki, na który planowane jest przeniesienie. W przypadku studiów drugiego stopnia brane są pod uwagę oceny uzyskane przez kandydata na macierzystej uczelni. W przypadku kandydatów zagranicznych stosowane są odpowiednie przeliczniki na podstawie systemu oceniania obowiązującego w danym kraju.

W przypadku uznawania efektów uczenia się osiągniętych przez studentów w ramach wymiany międzynarodowej Erasmus+ oraz umów bilateralnych zasady określone są w stosownych umowach. Pełnomocnik Dziekana ds. Studenckich Programów Międzynarodowych ustala program studiów podczas pobytu studenta na uczelni zagranicznej (Learning Agreement – LA). Wskazuje on przedmioty odpowiadające w programie studiów na kierunku IAD. Program ten jest zatwierdzany przez prodziekana ds. nauczania. Przedmioty zaliczone na wyjeździe powodują zaliczenie przedmiotów im odpowiadających wraz z ich efektami uczenia się. Jeżeli nie ma przedmiotów odpowiadających uznaje się je za przedmioty obieralne lub ponadwymiarowe.

3.6. Zasady uznawania efektów uczenia się uzyskanych poza systemem studiów

20 maja 2015 r. Senat PW uchwalił szczegółowe zasady potwierdzania w jednostkach podstawowych efektów uczenia się (Uchwała nr 302/XLVIII/2015 Senatu PW). Zgodnie z nimi, do potwierdzania efektów uczenia się, odnoszących się do programu kształcenia na danym kierunku, poziomie i profilu kształcenia jest uprawniony wydział posiadający co najmniej pozytywną ocenę programową na tym kierunku, poziomie i profilu kształcenia, a w przypadku nieprzeprowadzenia takiej oceny – posiadający uprawnienie do nadawania stopnia naukowego doktora w zakresie obszaru kształcenia i dziedziny, do których jest przyporządkowany ten kierunek studiów.

Efekty uczenia się potwierdzane są w zakresie odpowiadającym efektom uczenia się określonym dla danego modułu kształcenia, występującego w programie studiów. W tym celu, w razie potrzeby,

prodziekan ds. nauczania powołuje komisję ds. potwierdzania efektów uczenia się. Zadaniem Komisji jest – dla każdego modułu wymienionego we wniosku kandydata na studia, ubiegającego się o potwierdzenie efektów uczenia się – dokonanie oceny, czy uzyskane przez kandydata efekty uczenia się odpowiadają efektom uczenia się określonym dla rozpatrywanego modułu. Podstawą dokumentowania tej oceny są: przedłożone dokumenty oraz wyniki przeprowadzonych sprawdzianów wiedzy i umiejętności kandydata. Ocena jest dokonywana na poziomie szczegółowości odpowiadającym weryfikacji efektów uczenia się osiągniętych przez studentów realizujących ten moduł w ramach programu studiów. Metody weryfikacji tych efektów mogą być inne niż metody stosowane w odniesieniu do studentów. W okresie objętym akredytacją na Wydziale nie zaistniała potrzeba potwierdzania efektów uczenia się uzyskanych poza szkolnictwem wyższym.

Na Wydziale MiNI PW nie było do tej pory konieczności uznawania efektów uczenia się osiągniętych poza system studiów.

3.7. Zasady dyplomowania

Ogólne zasady dyplomowania określają §29–§31 Regulaminu studiów w Politechnice Warszawskiej. Zasady prowadzenia prac dyplomowych i egzaminów dyplomowych na kierunku Inżynieria i Analiza Danych zostały ustalone Zarządzeniem nr 3/2021 Dziekana Wydziału MiNI z dnia 14.01.2021 roku *w sprawie uchwalenia szczegółowych zasad prowadzenia prac dyplomowych i egzaminów dyplomowych na kierunku Inżynieria i Analiza Danych*. Wprowadza ono zasady sprawowania opieki nad dyplomantami, ustalania tematów prac dyplomowych, przebiegu pracy dyplomowej inżynierskiej i magisterskiej oraz ich oceniania.

Dodatkowo Komisja Programowa zatwierdziła w maju 2021 roku dokument pt. „Wytyczne dla oceny zgłoszeń tematów i realizacji prac dyplomowych na kierunku IAD”. Wyjaśnia on w jaki sposób realizowane powinny być prace dyplomowe inżynierskie w zakresie analizy danych. W październiku 2021 w związku z wątpliwościami zgłaszanymi przez studentów, a dotyczącymi regulaminu studiów (§29. punkt 2) i tego co może stanowić pracę dyplomową inżynierską Komisja Programowa przyjęła dokument pt. „Informacja dla studentów i promotorów kierunku Inżynieria i Analiza Danych dotycząca zasad realizacji prac dyplomowych”, w którym wyjaśniono na jakich warunkach opublikowany artykuł może być uznany za pracę dyplomową spełniającą efekty uczenia się wymagane dla tego typu prac.

Zgodnie ze wspomnianymi wytycznymi i wskazówkami:

1. Praca dyplomowa inżynierska powinna wykazać, że Student posiada wiedzę oraz umiejętności określone w efektach uczenia się dla kierunku *Inżynieria i Analiza Danych*, tj. musi wykazać, że Student zna i rozumie wykorzystywane narzędzia i metody oraz jest w stanie rozwiązać postawiony w pracy problem od strony praktycznej.
2. Pracy dyplomowa inżynierska składa się z części opisowej/analizycznej oraz części praktycznej.
 - a. Część praktyczną stanowi zespołowy projekt programistyczny (ZPP) będący rozwiązaniem technicznym, tj. kompletne, spójne i reprodukowalne rozwiązanie informatyczne zawierające komponenty informatyczne konieczne do rozwiązania problemu. Przykładem spełnienia tego wymogu jest np.:
 - i. przygotowanie zintegrowanego oprogramowania w formie zamkniętej np. pakiet R, Python, Java itp.
 - ii. zaprojektowanie i implementacja złożonego systemu informatycznego skoncentrowanego na składowaniu i/lub analizie danych, np. systemu wykorzystującego platformy Big Data
 - iii. zaprojektowanie i przygotowanie referencyjnej implementacji nowej metody analizy danych
 - iv. zaprojektowanie i implementacja oprogramowania umożliwiającego wstępne przetworzenie danych i analizę danych z wykorzystaniem różnych metod uczenia maszynowego

- v. zaprojektowanie i implementacja aplikacji związanej z obszarem Data Science (wykonana przy użyciu właściwych metod, technik i narzędzi).
3. Dokumentacja rozwiązania informatycznego powinna być adekwatna do rozwiązywanego problemu oraz dostosowana do wykorzystanych narzędzi informatycznych. W szczególności, kody i skrypty stanowiące części pracy powinny być przygotowane zgodnie z zaleceniami inżynierii oprogramowania, w tym m.in. właściwie skomentowane zgodnie z przyjętymi standardami, jak również przetestowane z wykorzystaniem właściwie dobranych metod testowania, np. testów jednostkowych.
 - a. Część opisowa/analityczna określa postawiony w pracy problem wraz z jego rozwiązaniem o układzie uzgodnionym z prowadzącym przedmiot Projekt zespołowy.
 4. Praca dyplomowa magisterska jest samodzielnym rozwiązaniem problemu teoretycznego lub praktycznego. Student musi zaprezentować umiejętności konieczne w radzeniu sobie z rozwiązaniem wybranego problemu oraz wykazać się znajomością metod i narzędzi z obszaru Data Science, która pozwala na swobodę ich stosowania i modyfikacji.
 5. Pracę dyplomową magisterską wykonuje się indywidualnie lub, jeśli temat pracy tego wymaga, w zespole dwuosobowym, pod warunkiem, że udział każdego z jej wykonawców jest szczegółowo określony.
 6. Praca magisterska, w odróżnieniu od pracy inżynierskiej, musi prezentować innowacyjne podejście do rozwiązania danego problemu. Efektem pracy może być np.:
 - a. rozwiązanie problemu teoretycznego (zadania naukowego), z którego wynika powstanie nowych metod lub rozwinięcie istniejących
 - b. kreatywne lub nowatorskie zastosowanie narzędzi z obszaru Data Science w nowych scenariuszach.
 7. Praca magisterska składa się z części opisowej (teoretycznej) oraz z części praktycznej.
 - a. Część opisowa (teoretyczna) stanowi opis prac i badań przeprowadzonych przez studenta podczas realizacji pracy. Między innymi, część opisowa powinna zawierać:
 - i. opis podjętego problemu, w tym omówienie jego przyczyn i istniejących rozwiązań
 - ii. opis rozwiązania i rozumowania, na podstawie którego to rozwiązanie zostało zaprojektowane, tj. np. dokładne uzasadnienie stosowanych przekształceń matematycznych
 - iii. wnioski z przeprowadzonych eksperymentów podparte zdobytą wiedzą dziedzinową
 - b. W ramach części praktycznej student rozwiązuje od strony technicznej postawiony w pracy problem. W szczególności, część praktyczna może zawierać implementację stworzonego przez studenta rozwiązania lub skrypty pozwalające na powtórzenie przeprowadzanych eksperymentów.
 8. W przypadku prac o charakterze teoretyczno-badawczym dopuszczalne jest wykonanie pracy dyplomowej magisterskiej składającej się jedynie z części teoretycznej (opisowej).
 9. Praca dyplomowa magisterska może zostać wykonana w formie artykułu naukowego, przy czym:
 - a. wkład Studenta w powstanie artykułu musi być związany z obszarem *Data Science*
 - b. w przypadku więcej niż jednego autora Student musi dołączyć informacje nt. podziału pracy potwierdzone przez współautorów i/lub opiekunów naukowych
 - c. zgodnie z regulaminem studiów promotor nie może być współautorem takiego artykułu.

Zgodnie z Regulaminem studiów w Politechnice Warszawskiej (§20 ust. 1) pracę dyplomową stanowiącą zakończenie etapu kształcenia student wykonuje pod kierunkiem osoby upoważnionej przez Dziekana. Jeżeli praca dyplomowa (inżynierska lub magisterska) jest pracą zespołową, zakres prac wykonanych przez każdego autora musi być precyzyjnie opisany i umieszczony w tekście pracy. Praca dyplomowa podlega ocenie promotora i recenzenta, wybieranego przez prodziekana ds. nauczania. Wzór opinii i recenzji pracy dyplomowej zatwierdzony jest przez Rektora i znajduje się w systemie APD (Archiwum Prac Dyplomowych). Ocenie podlegają: zgodność tytułu pracy dyplomowej z jej treścią, wartość merytoryczna pracy, dobór i sposób wykorzystania źródeł, trafność i spójność wniosków, układ i redakcja pracy oraz efekty uczenia się określone dla pracy dyplomowej. Istotnym

elementem oceny pracy dyplomowej jest także jej innowacyjność i wartość naukowa. Ponadto prace dyplomowe są sprawdzane przed dopuszczeniem do egzaminu dyplomowego przez system JSA (Jednolity System Antyplagiatowy). Jeżeli praca dyplomowa jest pracą zespołową, ocenie podlega każdy z autorów niezależnie, zgodnie zawartością części, którą wykonał. Kończącym elementem procesu dyplomowania jest egzamin dyplomowy przeprowadzany przez komisję dyplomową dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych. Członkowie Komisji Dyplomowej powoływani są przez Dziekana po uzyskaniu opinii Rady Wydziału. Na egzaminie dyplomowym, dyplomant przedstawia najważniejsze wnioski z pracy dyplomowej, odpowiada na pytanie recenzenta dotyczące dziedziny pracy dyplomowej oraz pytania komisji z zakresu studiów. Ocenę końcową ze studiów oblicza się jako sumę średniej ze studiów z wagą 0,6, oceny z pracy dyplomowej z wagą 0,3, oceny z egzaminu dyplomowego z wagą 0,1.

3.8. Monitorowanie i ocena postępów studentów

Po zakończeniu rekrutacji we wrześniu oraz w lutym dokonywana jest przez prodziekana ds. nauczania analiza ustalonych progów punktowych, liczby przyjętych studentów, zwłaszcza na studia drugiego stopnia, które są otoczone szczególną troską Rady Wydziału. Wyniki prezentowane są na Radzie Wydziału.

Liczba studentów przechodzących na kolejny etap kształcenia na studiach pierwszego i drugiego stopnia analizowana jest przez prodziekana ds. nauczania po zakończeniu rejestracji w każdym semestrze, który prezentuje wyniki na posiedzeniu Rady Wydziału. Analiza taka zawarta jest w Tabeli 4.

Inżynieria i Analiza Danych																	
Pierwszy stopień										Drugi stopień							
	R	1	2	3	4	5	6	7	D	%		0	1	2	3	D	%
2021Z	70	68		61		58		30				9		43	7	20	51%
2021L			61		56		37		20	71%			45		38		
2020Z	70	80		57		37		21				10		39	8	13	37%
2020L			55		42		21						39		33		
2019Z	70	78		42		21						10		34			
2019L			43		25								35				
2018Z	60	55		26								9					
2018L			28														
2017Z	30	35															

Tabela 4. Liczba studentów po zakończeniu rejestracji na danym semestrze. R–limit rekrutacji. 0–semestr zerowy studiów czterosemestralnych, 1...7–kolejne semestry. D–liczba osób obronionych w terminie, %–procent dyplomów obronionych w terminie w stosunku do liczby osób na 2 semestrze. Rekrutacja na pierwszy stopień studiów rozpoczęła się od semestru 2017Z. Rekrutacja na drugi stopień studiów rozpoczęła się od semestru 2018Z. Rekrutacja na studia drugiego stopnia w języku angielskim (Data Science) rozpoczęła się od semestru 2020Z i był to semestr zerowy dla studiów czterosemestralnych.

3.9. Zasady sprawdzania i oceniania stopnia osiągnięcia efektów uczenia się

Sposób zaliczenia lub formę egzaminu, zgodnie z §11 Regulaminu studiów w Politechnice Warszawskiej, ustala koordynator przedmiotu, a prowadzący informuje o nich studentów na swoich

pierwszych zajęciach. Regulamin zaliczenia przedmiotu jest zawarty w Karcie Przedmiotu. Dotyczy on zasad zaliczania przedmiotów, wystawiania oceny końcowej, sposobów ogłaszania ocen uzyskiwanych przez studentów, zasad poprawiania ocen, uczestnictwa w terminach dodatkowych zaliczeń, wymaganej obecności.

§8 Regulaminu studiów w Politechnice Warszawskiej określa reguły ustalania harmonogramu sesji egzaminacyjnych (m.in. minimalną liczbę egzaminów). Ponadto §18 określa skalę ocen, a §19 zasady udostępniania studentom i rejestrowania w systemie informatycznym wyników weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się. §20 podaje procedurę komisyjnej weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się, którą może zarządzić dziekan na wniosek studenta lub z własnej inicjatywy.

3.10. Metody sprawdzania i oceniania efektów uczenia się

Metody sprawdzania i oceniania efektów uczenia się wynikają z założonych efektów uczenia się i są zintegrowane z planem uczenia się i możliwościami studentów na kolejnych etapach nauczania. Dobór konkretnej metody opiera się na rodzaju sprawdzanego efektu i formy zajęć.

Istotne jest to, że cały program studiów skonstruowano w taki sposób, aby wszystkie kierunkowe efekty uczenia się znajdowały pokrycie w przedmiotowych efektach uczenia się. Dzięki temu kierunkowe efekty uczenia się są weryfikowane w ramach całego planu kształcenia.

Stosowane są następujące sposoby weryfikacji osiągania przez studentów założonych efektów uczenia się:

- ocena formująca wykonywana w trakcie trwania semestru
 - ocena punktowa z kolokwii / sprawdzianów w formie pisemnej, wymagających udzielenia opisowej odpowiedzi na otwarte pytania
 - ocena punktowa z zadań wykonywanych podczas laboratoriów
 - ocena punktowa z pytań testowych jednokrotnego lub wielokrotnego wyboru (możliwe jest przy tym przeprowadzanie testów w formie papierowej lub elektronicznej)
 - ocena prac domowych, w tym projektów informatycznych
 - ocena prezentacji multimedialnych przygotowanych na podany temat, wraz z prezentacją np. na seminarium dyplomowym
 - ocena punktowa aktywności na ćwiczeniach
- ocena podsumowująca
 - ocena z pisemnego testu bądź egzaminu dotyczącego rozwiązywania zadań lub wyjaśnienia zagadnień zadanych w formie pytań
- ocena efektów uzyskanych w trakcie realizacji praktyk studenckich
 - zaliczenie przez prodziekana ds. studenckich albo pełnomocnika ds. praktyk sprawozdania studenta z odbytej praktyki
- ocena efektów uczenia się przeprowadzana w trakcie procesu dyplomowania
 - ocena z pracy dyplomowej
 - ocena z prezentacji pracy dyplomowej
 - ocena z egzaminu dyplomowego.

Osiągnięcie efektów związanych z praktykami oceniane jest przez pełnomocnika ds. praktyk studenckich na podstawie sprawozdania z praktyk (lub dokumentu równoważnego) oraz opinii pracodawcy na temat realizowanych praktyk.

Weryfikacja znajomości języka na I stopniu studiów odbywa się poprzez konieczność uzyskania certyfikatu z języka obcego na poziomie B2. W przypadku studiów drugiego stopnia jest to certyfikat na poziomie C1.

3.11. Metody sprawdzania efektów uczenia się prowadzących do uzyskania kompetencji inżynierskich

W celu sprawdzenia efektów uczenia się prowadzących do uzyskania kompetencji inżynierskich (opisanych szczegółowo w Tabeli 1) stosuje się – w zależności od charakteru i specyfikacji przedmiotu, opisane w punkcie wyżej metody:

- ocen formujących wykonywana w trakcie trwania semestru
- ocen podsumowujących
- oceny efektów uzyskanych w trakcie realizacji praktyk studenckich
- oceny efektów uczenia się przeprowadzana w trakcie procesu dyplomowania.

Efekty uczenia się obszaru wiedzy DS_W13, DS_W14 oraz DS_W15 są weryfikowane przy użyciu m.in. kolokwii / sprawdzianów w formie pisemnej, prac projektowych / zadań wykonywanych podczas laboratorium.

W przypadku efektów uczenia się dotyczących kompetencji inżynierskich z zakresu umiejętności tj. DS_U24, DS_U25, DS_U26, DS_U27 oraz DS_U28 weryfikacja przeprowadzana jest w znacznym stopniu w trakcie zajęć laboratoryjnych przez ocenę zadań wykonywanych podczas laboratorium. Dalej, istotne są tu także oceny prac domowych, w tym projektów informatycznych. Do metod weryfikacji kompetencji inżynierskich zaliczamy także oceny uzyskane w trakcie procesu dyplomowania tj. np. oceny z projektu dyplomowego. Oceny uzyskiwane z zadań wykonywanych w trakcie laboratorium lub z projektów / systemów informatycznych wykonywanych w trakcie zadań projektowych są związane z oceną poprawności konfiguracji, zgodności z założoną specyfikacją zadania oraz z oceną sprawozdań / dokumentacji do przygotowanego rozwiązania.

Zauważmy, że w trakcie studiów studenci pracują samodzielnie oraz w grupach. Pozwala to obok kompetencji inżynierskich, rozwijać i weryfikować kompetencje społeczne. Dokładniej, dotyczy to efektów DS_K02, DS_K03 oraz DS_K04.

Studia drugiego stopnia oferowane w wersji 4-semestralnej uwzględniają dodatkowy (pierwszy) semestr pozwalający na zdobycie kompetencji inżynierskich zgodnie z wymienionymi w tab. 1 efektami uczenia się.

Tabela 5: Efekty uczenia się prowadzące do uzyskania kompetencji inżynierskich dla studiów pierwszego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych.

Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Przedmioty realizujące
Wiedza		
DS_W13	Ma elementarną wiedzę w zakresie elektroniki i telekomunikacji, potrzebną do zrozumienia technik cyfrowych i zasad funkcjonowania współczesnych komputerów, a także sieci bezprzewodowych.	Architektura komputerów
DS_W14	Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie informatyki, w tym w zakresie języków i paradygmatów programowania, komunikacji człowiek-komputer, baz danych i inżynierii oprogramowania.	Podstawy programowania i przetwarzania danych Przetwarzanie danych ustrukturyzowanych Programowanie obiektowe Zaawansowane programowanie obiektowe i funkcyjne Inżynieria systemów informatycznych Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Techniki prezentacji (humanistyczny)

Symbol efektu uczenia się	Efekt ucznia się	Przedmioty realizujące
DS_W15	Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i technologie inżynierskie stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań informatycznych z zakresu budowy systemów komputerowych, sieci komputerowych i technologii sieciowych	Systemy operacyjne w inżynierii danych Architektura systemów informatycznych Inżynieria systemów informatycznych Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Transmisja danych Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Projekt zespołowy Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
Umiejętności		
DS_U24	Ma umiejętność projektowania sieci komputerowych; potrafi pełnić funkcję administratora sieci komputerowej i zabezpieczyć dane przed nieuprawnionym odczytem.	Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Transmisja danych Praktyki studenckie
DS_U25	Ma umiejętność rozwiązywania zagadnień z zakresu komunikacji człowiek-komputer, formułowania algorytmów i projektowania złożonych lub nietypowych systemów informatycznych.	Algorytmy i struktury danych 1 Projekt zespołowy Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
DS_U26	Potrafi stworzyć model obiektowy prostego systemu.	Inżynieria systemów informatycznych Projekt zespołowy Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
DS_U27	Potrafi sformułować specyfikację systemów informatycznych w odniesieniu do sprzętu, oprogramowania systemowego i cech funkcjonalnych aplikacji.	Systemy operacyjne w inżynierii danych Inżynieria systemów informatycznych Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego
DS_U28	Potrafi – zgodnie z zadaną specyfikacją – zaprojektować oraz zrealizować system informatyczny, używając właściwych metod, technik i narzędzi.	Bazy danych Sieci komputerowe (blok obieralny 1) Projekt interdyscyplinarny Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Projekt zespołowy Seminarium dyplomowe Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
Kompetencje społeczne		

Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Przedmioty realizujące
DS_K02	Potrafi pracować indywidualnie i w zespole informatyków, w tym także potrafi zarządzać swoim czasem oraz podejmować zobowiązania i dotrzymywać terminów, jak również stosować i promować stosowanie zasad etyki zawodowej.	Architektura komputerów Algebra liniowa w analizie danych Metody numeryczne Inżynieria systemów informatycznych Warsztaty badawcze 1 Statystyka matematyczna 1 Projekt interdyscyplinarny Metody optymalizacji Transmisja danych Programowanie aplikacji wielowarstwowych (blok obieralny 2) Warsztaty badawcze 2 Projekt zespołowy Seminarium dyplomowe Przygotowanie pracy dyplomowej / projektu dyplomowego Praktyki studenckie
DS_K03	Potrafi pracować z odbiorcami tworzonych rozwiązań informatycznych i analitycznych, aktywnie uczestnicząc w dyskusji potrzeb, możliwych rozwiązań i zasad pozyskania i przetworzenia danych oraz ich wykorzystania jako kapitału przedsiębiorstwa i podstawy działań na rzecz interesu publicznego.	Inżynieria systemów informatycznych Bazy danych Metody optymalizacji Warsztaty badawcze 2 Przedmiot humanistyczny (przedsiębiorczość, prawa autorskie)
DS_K04	Jest przygotowany do współdziałania i pracy w grupie, przyjmując w niej różne role oraz dbając o współtworzenie dorobku i tradycji zawodowych.	Inżynieria systemów informatycznych Wstęp do uczenia maszynowego Warsztaty badawcze 1 Warsztaty badawcze 2 Przedmiot humanistyczny (kreatywne rozwiązywanie problemów) Techniki prezentacji (humanistyczny)

3.12. Rodzaje, tematyka i metodyka prac etapowych i egzaminacyjnych oraz projektów

Rodzaje, tematyka i metodyka prac etapowych i egzaminacyjnych oraz projektów realizowanych przez studentów w trakcie studiów na kierunku Inżyniera i Analiza Danych wynika bezpośrednio z charakterystyki przedmiotów prowadzonych na tym kierunku oraz zamierzonych do realizacji efektów uczenia się.

Program zapewnia studentom możliwość dogłębnego poznania metod przetwarzania danych wraz z odpowiednimi do tego celu językami programowania (m.in. Python, R, Java, bazy danych i SQL, techniki wizualizacji oraz prezentacji danych) w ramach takich przedmiotów jak *Przetwarzanie danych ustrukturyzowanych*, *Bazy danych*, *Techniki wizualizacji danych* czy *Techniki prezentacji*. W ramach przedmiotów *Inżynieria systemów informatycznych* i *Projekt Interdyscyplinarny* studenci zdobywają praktyczne umiejętności projektowania systemu informatycznego o zadanej specyfikacji. Co więcej, w ramach projektu studenci realizują innowacyjny projekt informatyczny oraz przygotowują raport z jego wykonania w harmonogramie zgodnym z kamieniami milowymi ustalonymi z prowadzącymi. Dalej, w ramach przedmiotów *Warsztaty badawcze 1* oraz *Warsztaty badawcze 2* studenci są przygotowani do samodzielnej i zespołowej pracy badawczej zgodnie z powszechnie uznaną na świecie metodyką CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining). W tym celu studenci w zespołach rozwiązują wybrane zagadnienie badawcze zdefiniowane na początku semestru we

współpracy z zewnętrznym partnerem. Studenci po zapoznaniu się ze specyfiką dziedzinową rozwiązywanego problemu oraz poznaniu istniejących rozwiązań, w ramach laboratoriów i projektu konstruują własne rozwiązanie postawionego problemu.

Metodyka nauczania obejmuje między innymi wykłady, udział w laboratoriach komputerowych, nadzorowane indywidualne lub grupowe projekty, przygotowywanie dokumentacji i/lub raportu podsumowującym wyniki przeprowadzonych prac oraz publiczną prezentację wyników.

3.13. Rodzaje, tematyka i metodyka prac dyplomowych

Praca dyplomowa inżynierska jest realizowana w zespołach dwu- lub trzy-osobowych w trakcie siódmego semestru programu Inżynieria i Analiza Danych. Przygotowanie pracy dyplomowej inżynierskiej jest uwzględnione w ramach przedmiotu *Praca dyplomowa inżynierska* (15 ECTS), *Projekt zespołowy* (2 ECTS) oraz *Seminarium dyplomowe* (2 ECTS).

Celem procesu dyplomowania jest pogłębienie znajomości wiedzy teoretycznej, związanej z wybranym tematem pracy, nabycie umiejętności rozwiązywania problemów inżynierskich, w tym zespołowego wykonanie aplikacji oraz spełnienie wymagań stawianych pracom inżynierskim. Po zakończeniu studenci powinni:

- posiadać poszerzoną wiedzę w obszarze zagadnień związanych z tematem pracy
- potrafić szukać przydatnych źródeł informacji, metod i technik oraz właściwie je wykorzystać
- potrafić stworzyć harmonogram pracy i zgodnie z nim pracować
- umieć napisać i przetestować stworzoną przez siebie aplikację
- utrwalić zasady przemysłowego tworzenia aplikacji poprzez pracę zespołową
- potrafić właściwie redagować treść opracowania (części pisemnej pracy)
- przestrzegać zasad etyki przy realizacji pracy.

W ramach przedmiotu *Projekt zespołowy* studenci utrwalać zasady przemysłowego tworzenia aplikacji (m.in. przeprowadzanie testów jednostkowych i testów integracyjnych w ramach kodu programu, tworzenie zestawu dokumentacji, w tym harmonogramu prac, specyfikacji wymagań dokumentacji architektonicznej i technicznej, planu testów akceptacyjnych, instrukcji obsługi czy rejestru zmian) oraz doskonałą umiejętność tworzenia oprogramowania podczas tworzenia aplikacji w niedużym zespole (2 – 3 osoby). Co więcej, po ukończeniu kursu studenci powinni mieć przygotowaną (w 90%) aplikację będącą podstawą inżynierskiego projektu dyplomowego. Z kolei w ramach przedmiotu *Seminarium dyplomowe* studenci są przygotowywani do obrony pracy dyplomowej inżynierskiej m.in. poprzez monitorowania bieżących postępów w jej przygotowaniu oraz praktyczne ćwiczenia związane z prezentacją tematu pracy, jej przebiegu i uzyskanych wyników.

Praca dyplomowa magisterska jest realizowana w trakcie drugiego i trzeciego semestru (lub odpowiednio, trzeciego i czwartego dla programu 4-semestralnego). Przygotowanie pracy dyplomowej magisterskiej jest uwzględnione w ramach przedmiotu *Praca dyplomowa (Master of Science Thesis)* na semestrze 3 (lub 4 programu 4-semestralnego) oraz w ramach *Seminarium dyplomowego 1 i 2 (Diploma Seminar 1 and Diploma Seminar 2)*, odpowiednio na semestrze 2 i 3 (lub 3 i 4 programu 4-semestralnego).

Celem procesu dyplomowania na poziomie studiów magisterskich jest:

- synteza zdobytej wiedzy w obszarze inżynierii i analizy danych
- pogłębienie znajomości wiedzy teoretycznej, związanej z wybranym tematem pracy
- zapoznanie studenta z metodyką pracy naukowej (wybór i formułowanie celu pracy, analiza aktualnego stanu wiedzy, opracowanie metodyki badań, weryfikacja i krytyczna dyskusja otrzymanych wyników badań)

- zapoznanie studenta z zasadami pisania naukowych tekstów technicznych oraz informatycznymi zasobami literatury naukowej
- zapoznanie studenta z zasadami przygotowania prezentacji uzyskanych wyników
- nabycie umiejętności rozwiązywania problemów (również inżynierskich) i przestrzegania zasad etyki przy realizacji pracy.

Student wykonujący dyplomową pracę magisterską musi wykazać się pogłębioną znajomością podstawowej wiedzy teoretycznej w dziedzinie informatyki oraz umiejętnością rozwiązywania problemów, wymagających stosowania nowoczesnych metod z zakresu analiz teoretycznych, badawczych, obliczeniowych i eksperymentalnych. Praca dyplomowa magisterska składa się z części praktycznej, w ramach której student rozwiązuje od strony technicznej postawiony w pracy problem oraz z części teoretycznej, która stanowi opis prac/badań przeprowadzonych przez studenta podczas realizacji pracy. W przypadku prac o charakterze badawczym dopuszczalne jest wykonanie pracy dyplomowej magisterskiej składającej się jedynie z części teoretycznej (opisowej).

Zakres i problematyka prac dyplomowych są przeważnie ustalane indywidualnie ze studentem lub zespołem studentów w przypadku pracy inżynierskiej. Tematyka zgłaszanych prac dyplomowych obejmuje m.in. propozycję nowych metod/algorytmów uczenia maszynowego np. w problemie uczenia częściowo-nadzorowanego lub strumieniowego, a także mających zastosowanie np. w problemach z obszaru bioinformatyki, przetwarzania języka naturalnego, przetwarzania obrazów czy modelowania sieci złożonych i społecznościowych. Studenci mogą również skorzystać z gotowej puli tematów akceptowanych przez Komisję Programową na kierunku Inżynieria i Analiza Danych.

Warto podkreślić, że tematy prac dyplomowych często mają charakter badawczy – niejednokrotnie najlepsi studenci partycypują w badaniach naukowych prowadzonych na Wydziale, biorą udział w badaniach prowadzonych we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi w Polsce (m.in. Laboratorium Genomiki Funkcjonalnej i Strukturalnej Centrum Nowych Technologii Uniwersytetu Warszawskiego, Instytut Biochemii i Biofizyki Polskiej Akademii Nauk, Uniwersytet im. Adam Mickiewicza w Poznaniu, Politechnika Wrocławska, Wydział Nauk Politycznych Uniwersytetu Warszawskiego, Zakład Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo-Twarzowej na Wydziale Lekarsko-Stomatologicznym Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego) oraz zagranicą (np. University of Waikato Nowa Zelandia, Nanyang Technological University, Denmark Technical University, NTU Singapur). Dla przykładu, jeden ze zrealizowanych tematów prac inżynierskich dotyczył stworzenia narzędzia do efektywnego przetwarzania sekwencji biologicznych w R. Praca została zrealizowana przy współpracy z prof. Leon Eyrich Jessen (Technical University of Denmark). Jeden z członków zespołu realizującego temat, Pan Dominik Rafacz, kontynuuje współpracę z zespołem promotora, dr Michała Budurkiewicza, oraz z zespołem z DTU. Zaowocowało to już 3 publikacjami oraz wyjazdami konferencyjnymi.

Z drugiej strony przygotowywane przez studentów prace i projekty dyplomowe równie często są efektem współpracy z firmami lub odpowiedzią na zgłaszane przez nie zapotrzebowanie. Do firm, które były / są stroną w przygotowywanych pracach należą m.in. EMCA, Synerise, Centrum Medycznego MAVIT w Warszawie, Zarząd Miasta Mińsk Mazowiecki, Molecule.one Sp. z O. O., Applica.ai, Sages, CoMobility. Co-designing inclusive mobility, SAS Institute Polska., General Electric Aviation, REFSA, Empik, Zakład Medycyny Sądowej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Findwise. Przykładem może być temat dyplomu magisterskiego, którego celem była propozycja metod z obszaru *Data Science* pozwalających na wykrywanie i przewidywanie możliwych anomalii w infrastrukturze IT na podstawie danych zebranych w postaci logów zespołu serwerów chmurowych. Praca była odpowiedzią na potrzeby firmy EMCA (firma dostarczyła dane, a także była zainteresowana wdrożeniem otrzymanych rozwiązań).

Obok komponentu badawczego, który pojawia się często już w przypadku prac inżynierskich, w przypadku każdej pracy dyplomowej szczególny nacisk położony jest na stronę techniczną opracowywanego rozwiązania. Dokładniej, na poziomie zgłaszania tematu, sprawozdań z postępów w trakcie semestru i podczas obrony, weryfikowane jest czy przygotowane system informatyczny został wykonany zgodnie z najwyższymi standardami projektów informatycznych.

3.14. Dokumentowanie efektów uczenia się osiągniętych przez studentów

Dokumentowanie efektów uczenia się osiągniętych przez studentów regulowane jest Zarządzeniem nr 144/2020 Rektora PW z dnia 20.11.2020 r. w sprawie *zasad przechowywania dokumentacji poświadczającej dokonanie weryfikacji osiągniętych efektów uczenia się dla przedmiotów*. Mówi ono o konieczności przechowywania dokumentów potwierdzających weryfikację osiągniętych efektów uczenia się przez okres 2 lat licząc od końca semestru, w którym odbyły się zajęcia. Do dokumentów tych należą: wykazy tematów egzaminacyjnych, wykazy tematów sprawdzianów pisemnych, wykazy tematów prac projektowych i prac przejściowych, wykazy tematów innych prac pisemnych i prezentacji multimedialnych, przykładowe ocenione prace w liczbie nie mniejszej niż 10% prac podlegających ocenie. Również przez okres 2 lat należy przechowywać listy obecności studentów na zajęciach, listy ocen cząstkowych oraz wykazy zawierające oceny z zajęć składające się na końcową ocenę z przedmiotu.

Zarządzenie nr 114/2021 Rektora PW z 25.11.2021 dodatkowo precyzuje, że dokumenty wymienione powyżej mogą być przechowywane na platformie Moodle lub innej platformie elektronicznej ustanowionej i utrzymywanej w danej jednostce.

Dokumentacja związana z praktykami zawodowymi przechowywana jest w dziekanacie.

Protokoły zaliczeń wszystkich przedmiotów są obecnie przechowywane w całości w systemie USOS. Karty zaliczeń dla poszczególnych studentów drukowane są w dziekanacie i przechowywane w teczkach studentów. Po zakończeniu lub przerwaniu studiów są przesyłane do centralnego archiwum PW.

Prace dyplomowe, ich recenzje, raporty z weryfikacji antyplagiatowej, protokoły z posiedzenia komisji egzaminu dyplomowego oraz końcowe oceny są aktualnie w całości przechowywane w centralnie zarządzanym w PW systemie Archiwum Prac Dyplomowych (APD). System ten również generuje dokumenty niezbędne w procesie dyplomowania co automatyzuje obsługę tego procesu.

3.15. Monitoring losów absolwentów

Monitoringiem losów absolwentów na Politechnice Warszawskiej zajmuje się Biuro Karier wraz z Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii Politechniki Warszawskiej. Jednostki te publikują raporty z badań absolwentów, które przekazywane są na poszczególne wydziały PW.

W roku 2020 na ankietę dotyczącą karier zawodowych odpowiedziało 202 absolwentów Wydziału. Sytuację absolwentów Wydziału MiNI należy określić jako bardzo dobrą. Wybrane wyniki badania:

- Satysfakcja ze studiowania na Wydziale MiNI przewyższa średnią całej Politechniki Warszawskiej i jest na poziomie 8,13 (w skali od 1 do 10) – średnia uczelni to 7,15. Przy czym na studiach drugiego stopnia jest wyższa – 8,51 (średnia PW 7,43), a na studiach pierwszego stopnia – 7,78 (średnia PW 6,83).
- 83% respondentów wybrałoby ten sam kierunek jeszcze raz.
- Ponad 83% absolwentów stwierdziło, że bycie absolwentem PW zwiększa ich szanse na rynku pracy.
- W momencie wypełniania ankiety 77% respondentów było zatrudnionych, 15% kontynuowało naukę i aż 20% prowadziło własną działalność gospodarczą. Jedynie 2% absolwentów szukało pracy podczas wypełniania ankiety (4 osoby).
- Zdecydowana większość absolwentów (78%) aktywnie wykorzystuje w pracy wiedzę zdobytą podczas studiów (zaznaczyli 5 lub więcej w skali od 1 do 10).

Całość raportu dla Politechniki Warszawskiej z podziałem na poszczególne jednostki dostępna jest pod adresem [www: public.tableau.com/app/profile/dba.cziitt/viz/MKZAsuplementywydziaowe/Tytu](http://www.public.tableau.com/app/profile/dba.cziitt/viz/MKZAsuplementywydziaowe/Tytu)

Aktualność programu kształcenia i przydatność efektów uczenia się na rynku pracy monitoruje się także w ramach ankiet przeprowadzanych wśród pracodawców, u których studenci odbywają obowiązkowe praktyki. Warunkiem zaliczenia praktyk jest dostarczenie wypełnionej ankiety.

Niestety ze względu na fakt, że pierwsi absolwenci studiów pierwszego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych zakończyli edukację w lutym 2021 roku ich losy nie są ujęte w systemie ELA (Ogólnopolskim Systemie Monitorowania Elektronicznych Losów Absolwentów).

Kryterium 4. Kompetencje, doświadczenie, kwalifikacje i liczebność kadry prowadzącej kształcenie oraz rozwój i doskonalenie kadry

4.1. Kwalifikacje i dorobek kadry

Wydział prowadzi kształcenie na czterech kierunkach:

- Matematyka (zaliczana do dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka)
- Informatyka i Systemy Informacyjne (zaliczana do dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja)
- Inżynieria i Analiza Danych (zaliczana do dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja)
- Matematyka i Analiza Danych (zaliczana do dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka – 75% oraz do dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja – 25%).

Analogicznie, badania prowadzone na Wydziale można podzielić na dwie dziedziny: nauk ścisłych i przyrodniczych (dyscyplina matematyka) i dziedzinę nauk inżynieryjno-technicznych (dyscyplina informatyka techniczna i telekomunikacja).

Wydział MiNI zatrudnia 153 nauczycieli akademickich, w tym 72 na stanowiskach badawczo-dydaktycznych, 3 na stanowiskach badawczych i 78 na stanowiskach dydaktycznych. Na stanowiskach badawczo-dydaktycznych oraz badawczych pracuje: 17 profesorów z tytułem naukowym, 17 doktorów habilitowanych (w tym 15 na stanowisku profesora uczelni), 31 doktorów i 10 magistrów. Wydział MiNI odpowiada za prowadzenie zajęć z przedmiotów matematycznych na 17 wydziałach Politechniki Warszawskiej.

W dyscyplinie matematyka prowadzi badania 42 pracowników badawczo-dydaktycznych zatrudnionych na podstawowym miejscu pracy. Są to pracownicy, którzy uzyskali stopnie naukowe/tytuły naukowe w obszarze nauk ścisłych w dziedzinie nauk matematycznych. Badania w obszarze nauk technicznych prowadzi 36 pracowników badawczo-dydaktycznych zatrudnionych na podstawowym miejscu pracy. Zestawienie liczby etatów i pracowników zawierają Tabele 1 i 2. Tabela 3 zawiera liczbę publikacji pracowników MiNI w podziale na punktację ministerialną w ostatnich 5 latach.

	mianowanie lub umowa bezterminowa		umowa na czas określony		RAZEM
	pełny etat	część etatu	pełny etat	część etatu	
prof. dr hab.	16	0	1	2	19
dr hab.	17	0	1	0	18
dr	76	0	10	3	89
mgr	17	0	4	6	27
RAZEM	126	0	16	11	153

Tabela 1. Liczba osób zatrudniona na etacie.

Dyscyplina	Liczba etatów pracowników badawczo-dydaktycznych
Matematyka	41
Informatyka Techniczna i Telekomunikacja	32,75
Automatyka, elektronika i elektrotechnika	1
Inżynieria Biomedyczna	0,25
Razem	75

Tabela 2. Liczba etatów pracowników badawczych i badawczo-dydaktycznych w poszczególnych dyscyplinach.

Wydział MiNI PW uzyskał kategorię A w ocenie parametrycznej jednostek naukowych przeprowadzonej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego za okres od 01.01.2013 r. do 31.12.2016 r. Osiągnięcia naukowe Wydziału zaowocowały wysoką trzecią pozycją w rankingu jednostek w GWO (SI1M1 – wydziały matematyczno-informatyczne). Wyprzedziły nas jedynie jednostki kategorii A+ (Wydział Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Wydział Matematyki, Informatyki Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego).

Bardzo wysoki wynik uzyskany w pierwszym kryterium (94,98) sprawił, że Wydział MINI był jednym z pięciu jednostek spośród 16 zaliczonych do GWO, który spełniał warunek konieczny do otrzymania kategorii A+.

Kategoria	2017	2018	2019	2020	2021
Prace za 200 pkt.	7	5	6	14	16
Prace za 140 pkt.	20	17	24	40	26
Prace za 100 pkt.	31	27	26	25	28
Prace za 70 pkt.	36	31	39	28	15
Prace za 40 pkt.	15	7	9	11	6
Prace za 20 pkt.	8	8	5	3	1
Pozostałe prace naukowe	24	30	22	5	6
Monografie, podręczniki akademickie (ang.)	0	1	0	2	0
Monografie, podręczniki akademickie (pol.)	0	1	0	0	0
Redakcja monografii/podręcznika akademickiego (ang.)	2	1	1	1	0
Rozdział w monografii/podręczniku akademickim (ang.)	1	2	2	11	1
Rozdział w monografii/podręczniku akademickim (pol.)	0	0	0	2	0
Inne publikacje naukowe	8	5	2	1	0
Inne publikacje	8	5	0	0	0
Razem	160	140	136	143	99
Prace na zlecenie biznesu (dane zbierane od 2020 r.)	0	0	0	14	14
W tym prace o statusie "Wydana"	0	0	0	5	6

Tabela 3. Publikacje pracowników MiNI - dane sumaryczne

W zakresie Inżynierii i Analizy Danych na Wydziale MiNI PW działa aż 11 zespołów badawczych:

1. Methods for Analysing of Data: Algorithms and Modelling (lider: dr hab. inż. Marek Gągolewski)

Badania zespołu dotyczą algorytmów analizy i modelowania danych i są skupione wokół następujących zagadnień:

- agregacja i fuzja danych
- sieci złożone oraz modele agentowe
- algorytmy uczenia maszynowego
- modelowanie danych interdyscyplinarnych (ekonomia, nauki społeczne, sport, itd.).

2. Laboratorium Bioinformatyki i Genomiki Obliczeniowej (lider prof. dr hab. Dariusz Plewczyński)

Badania zespołu dotyczą bioinformatyki i genomiki obliczeniowej w zastosowaniu do badania zmienności genomu ludzkiego i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- Genomika strukturalna (wykonujemy badania teoretyczne i eksperymentalne w celu analizy i przewidywania struktury 3d genomu ludzkiego)
- Genomika funkcjonalna (badamy zależność poziomów ekspresji wybranych genów od ich lokalizacji w przestrzeni 3d)
- Uczenie statystyczne (eksploracja danych, biostatystyka. Aby zrozumieć złożone dane biologiczne, stosujemy techniki uczenia maszynowego w celu wyodrębnienia wielowymiarowych zależności między wieloskalowymi cechami genomowymi w tym genotypem, oraz fenotypem).

3. Godna zaufania sztuczna inteligencja (lider: dr hab. inż. Przemysław Biecek)

Badania zespołu dotyczą wyjaśnialności i weryfikowalności modeli predykcyjnych (modeli uczenia maszynowego) i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- konstrukcja nowych metod eksploracji lokalnej i globalnej złożonych modeli predykcyjnych
- konstrukcja nowych metod automatyzacji trenowania modeli predykcyjnych z wykorzystaniem portfolio konfiguracji hiperparametrów dla modeli predykcyjnych
- empiryczna weryfikacja skuteczności wyjaśnień z użyciem badań fokusowych
- adaptacja opracowanych rozwiązań do następujących modalności danych: dane tabelaryczne, dane obrazowe, dane tekstowe, dane audio
- przeprowadzanie kontrolowanych ataków na wyjaśniania złożonych modeli
- analiza ewolucji polityk związanych ze sztuczną inteligencją
- opracowanie narzędzi informatycznych dla języków R i Python implementujących wyżej wymienione metody.

4. Zastosowanie sztucznej inteligencji w bezpieczeństwie żywności (lider: prof. dr hab. inż. Radosław Pytlak)

Badania zespołu koncentrują się na wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji, w tym technik języka naturalnego (technik NLP) do zarządzania procesami związanymi z bezpieczeństwem żywności.

Badania obejmują następujące zagadnienia:

- Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do automatyzacji procesu systematycznego przeglądu literatury – SLR (Systematic Literature Reviews)
- Wykorzystanie ontologii w dziedzinie bezpieczeństwa żywności do semantycznej analizy danych tekstowych
- Zastosowanie metod aktywnego uczenia maszynowego do klasyfikacji dokumentów poddanych analizie semantycznej
- Wykorzystanie warunkowych pól losowych do tworzenia modeli CRF realizujących rozpoznawanie wyrażen (modele NER) w dokumentach z dziedziny bezpieczeństwa żywności
- Opracowanie procedur optymalizacji realizujących metody zmiennej metryki o ograniczonej pamięci do uczenia modeli realizujących CRF oraz do rozwiązywania zadań dualnych modeli SVM stosowanych w klasyfikacji dokumentów
- Klasyfikacja dokumentów z wykorzystaniem ‘embeddings’ uzyskanych za pomocą modeli sieci neuronowych typu BERT
- Budowa modeli epidemii chorób przenoszonych drogą pokarmową w oparciu o metodykę System Dynamics.

5. Układy hybrydowe – symulacja i sterowanie optymalne (lider: prof. dr hab. inż. Radosław Pytlak)

Badania zespołu dotyczą opracowania teorii wrażliwości układów hybrydowych (układów dynamicznych, które posiadają zarówno stany dyskretne wskazujące na równanie różniczkowe opisujące układ jak i stany ciągłe, które są wynikiem rozwiązania tych układów). Badania koncentrują się na następujących zagadnieniach:

- badania własności opisu układów hybrydowych za pomocą równań różniczkowo – algebraicznych z uwzględnieniem opisu ruchu ślizgowego przedstawianego poprzez uogólnione równania Filipowa
- opracowanie i implementacja procedur numerycznych do całkowania układów hybrydowych uwzględniających dokładne określenia czasów przełączenia stanów dyskretnych
- badanie wrażliwości układów hybrydowych w oparciu o równania zlinearyzowane i równania sprzężone
- opracowanie i implementacja algorytmów do rozwiązywania zadań sterowania optymalnego z układami hybrydowymi uwzględniającymi ruch ślizgowy

- opracowanie języka do modelowania, symulacji i optymalizacji układów hybrydowych – rozszerzenie funkcjonalności języka DOML (Dynamic Optimization Modeling Language) opracowanego na Politechnice Warszawskiej
- zastosowanie sterowania optymalnego do planowania procesów hemodializy, których są opisywane za pomocą układów hybrydowych.

6. Inteligentne technologie obliczeniowe (lider: prof. dr hab. inż. Władysław Homenda)

Badania zespołu dotyczą zagadnień badawczych z informatyki z zakresu technologii obliczeniowych i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- przetwarzanie danych nieustrukturalizowanych i częściowo ustrukturalizowanych, odkrywanie lokalnych zależności i związków między nimi
- mapy poznawcze i ich zastosowania, w szczególności zastosowania map poznawczych w procesie interpretowalności zależności w przestrzeniach danych
- przetwarzania sekwencji temporalnych, w tym stosowania istniejących i proponowania nowych metod w zadaniach prognozowania i klasyfikacji
- zagadnienia klasyfikacji z identyfikacją elementów obcych i zastosowania tego zagadnienia w procesie przetwarzania sekwencji temporalnych
- metod przyjaznych człowiekowi ze szczególnym uwzględnieniem interpretowalności rozwiązań automatycznych.

7. Statystyka obliczeniowa i analiza danych (lider: prof. dr hab. Przemysław Grzegorzewski)

Badania zespołu dotyczą statystyki matematycznej i obliczeniowej, szeroko pojętej analizy danych, uczenia maszynowego oraz inteligencji obliczeniowej. Koncentrują się one wokół następujących zagadnień:

- analiza nieprecyzyjnych danych (zwłaszcza przedziałowych i rozmytych)
- analiza danych funkcjonalnych w kontekście analizy przeżycia, ze szczególnym uwzględnieniem funkcji cenzurowanych
- klasyfikacja wieloetykietowa
- modelowanie przyczynowości, ze szczególnym uwzględnieniem modeli regresyjnych
- analiza skupień
- operatory agregacji
- modelowanie probabilistyczne poziomu ekspresji genów na podstawie przestrzennego sekwencjonowania RNA.

8. Analiza strumieni danych (dr hab. inż. Maciej Grzenda, prof. uczelni)

Badania zespołu dotyczą metod pozyskiwania, przetwarzania i analizy strumieni danych (ang. stream mining) i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- wzorce architektoniczne dedykowane dla systemów pozyskiwania, przetwarzania i analizy danych wielkiej skali (ang. Big Data), w tym szczególnie dla przetwarzania danych tzw. inteligentnych miast z uwzględnieniem udostępniania otwartych danych (ang. open data)
- zagadnienia przetwarzania danych sensorycznych, w tym danych geolokalizacyjnych
- zagadnienia opóźnionej oceny modeli uczenia maszynowego (ang. verification latency)
- metody generowania i wykorzystania wielokrotnych prognoz tworzonych przez modele klasyfikacyjne i regresyjne aktualizowane w trybie przyrostowym w warunkach występowania tzw. opóźnionych etykiet (ang. delayed labels)
- metody uczenia maszynowego dedykowane dla tzw. zmienności pojęć (ang. concept drift)
- metody uczenia maszynowego i wstępnej transformacji danych dedykowane dla zagadnień przemysłowych, w tym. min. rozwój i wykorzystanie metod częściowo-nadzorowanych do modelowania procesów produkcyjnych
- metody przetwarzania strumieni danych w warunkach występowania braków w danych, opóźnionej dostępności i zmiennej rozdzielczości czasowej danych sensorycznych.

9. Komputerowe Wspomaganie Medycyny (lider: prof. dr hab. inż. Artur Przelaskowski)

Zespół ma doświadczenie w wieloletniej współpracy z ośrodkami medycznymi (Kliniki, Szpitale, Ośrodki Zdrowia, Centra itp.). Integruje wiedzę i umiejętności z obszaru informatyki, elektroniki oraz inżynierii biomedycznej koncentrując się na interdyscyplinarnej inżynierii wspomagającej człowieka (humancentric engineering).

Badania zespołu dotyczą szeroko pojętej teorii informacji, metod formalizacji wiedzy dziedzinowej oraz modelowania zjawisk w zakresie semantyczno-poznawczym. Celem użytkowym jest uformowanie skutecznej reprezentacji istoty przedmiotu badań. W szczególności, aktywność koncentruje się wokół następujących zagadnień:

- rozumienie, rozpoznawanie i interpretacja danych
- modelowanie semantyki danych
- przetwarzanie i analiza obrazów
- rzadkie reprezentacje sygnałów
- ocena jakości i wiarygodności danych
- subiektywne testy oceny wiarygodności danych
- doskonalenie (rekonstrukcje, pomiary rzadkie, fantomy etc.) systemów obrazowania medycznego (CT, radiografia, USG, med. nuklearna, podczerwień, tomosynteza)
- wspomaganie obrazowej diagnostyki medycznej w zakresie detekcji i interpretacji symptomów raka sutka, prostaty, oskrzeli, płuc, trzustki etc., udaru mózgu, wodogłowia, sarkoidozy, kurczliwości serca etc
- wspomaganie decyzji klinicznych, np. dot. trombolizy, koniecznej biopsji, wyboru ścieżki terapeutycznej
- konstrukcja medycznych systemów informacyjnych, telemedycznych (telediagnostyka)
- modele wiedzy (ontologie raka sutka, udaru mózgu)
- inteligencja wzmocniona (rozszerzona)
- przetwarzanie, prezentacja i kompresja multimediów.

10. Wnioskowanie i modelowanie statystyczne w problemach regresyjnych (lider zespołu: prof. dr hab. Jan Mielniczuk)

Badania zespołu dotyczą wykrywania zależności regresyjnych metodami statystycznymi i uczenia maszynowego i koncentrują się wokół następujących zagadnień:

- selekcja zmiennych dla problemów wysokowymiarowych w przypadku odpowiedzi ilościowej i jakościowej
- modelowanie różnicowe i pomiar efektu wpływu (uplift modelling)
- testowanie warunkowej niezależności metodami teorii informacji i ich wykorzystanie w selekcji zmiennych
- klasyfikacja wieloetykietowa
- wnioskowanie dla danych z częściową obserwowalnością typu PU
- wnioskowanie dla silnie zależnych szeregów czasowych
- wykrywanie zależności przyczynowych
- metody głębokiego uczenia.

11. Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe (lider: prof. dr hab. inż. Jacek Mańdziuk)

Główne obszary działalności naukowej zespołu uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji dotyczą efektywnych metod reprezentacji wiedzy w systemach autonomicznych, metod populacyjnych, metod uczenia i rozwiązywania problemów wzorowanych na podejściach stosowanych przez ludzi, metod uczenia głębokiego.

Zespół realizuje zarówno badania podstawowe, dotyczące własności teoretycznych wyżej wymienionych metod jak i badania aplikacyjne, wykorzystujące ww. metody do rozwiązywania praktycznych zagadnień w różnych domenach. W szczególności badania dotyczą wykorzystania metod

silnej sztucznej inteligencji (Artificial General Intelligence) w dynamicznych środowiskach wieloagentowych (np. synchronicznych grach wieloosobowych), zastosowań samoadaptujących się algorytmów meta-heurystycznych do rozwiązywania NP-zupełnych problemów optymalizacyjnych (np. dynamicznych problemów transportowych), wykorzystania metod uczenia nie wymagających posiadania wiedzy wstępnej (knowledge-free learning) w zagadnieniu General Game Playing oraz w zagadnieniach analizy i przetwarzania obrazów, w szczególności maszynowych metod rozumowania abstrakcyjnego.

Szczegółowy opis zespołów badawczych znajduje się w opisie Kryterium 1. Duża liczba obszarów badań prowadzonych na Wydziale pozwala na zaoferowanie wszystkim studentom kierunku interesujących tematów prac dyplomowych, które są istotnym elementem ich rozwoju.

4.2. Obsada zajęć dydaktycznych

Pracownicy Wydziału prowadzą różnorodne działania badawcze w zakresie inżynierii i analizy danych co sprzyja stworzeniu bogatej oferty edukacyjnej dla studentów. Dziekan Wydziału zleca koordynowanie poszczególnych modułów pracownikom zgodnie z ich specjalizacją naukową, doświadczeniem i kompetencjami. Są oni odpowiedzialni za całość prowadzenia danego przedmiotu. Sprawują oni nadzór nad młodszymi pracownikami realizującymi poszczególne moduły. Przy personalnym przydzielaniu zajęć biorą oni pod uwagę oprócz kwalifikacji zawodowych wyniki semestralnych ankiet studenckich. Zgodność zainteresowań naukowych pracowników z prowadzonymi zajęciami pomaga we włączaniu studentów w prace naukowe.

Zajęcia z przedmiotów humanistycznych prowadzone są przez specjalistów z Wydziału Administracji i Nauk Społecznych PW oraz z Wydziału Zarządzania PW. Wybrane przedmioty humanistyczne dotyczące historii matematyki i statystyki prowadzą profesorowie Wydziału MiNI.

Zajęcia prowadzące do uzyskania kompetencji inżynierskich przydzielane są specjalistom dziedzinowym na Wydziale MiNI (jak np. w przypadku Transmisji Danych, Electronic Principles czy Programowania Aplikacji Wielowarstwowych) lub zlecane na Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, jak w przypadku Sieci Komputerowych. W każdym przypadku szczególnie ważne jest zaangażowanie osób posiadających najwyższe kompetencje w danej dziedzinie.

Zajęcia z fizyki prowadzone są przez kadrę Wydziału Fizyki PW. Wychowanie Fizyczne realizowane jest w ramach działań Studium Wychowania Fizycznego i Sportu PW. Lektoraty językowe prowadzą wykwalifikowani lektorzy ze Studium Języków Obcych PW.

Zgodnie z zasadami zapewnienia wysokiej jakości prac dyplomowych na Wydziale MiNI stosuje się regułę mówiącą, że promotorem i recenzentem pracy dyplomowej inżynierskiej musi być osoba posiadająca co najmniej stopień doktora, natomiast w przypadku pracy dyplomowej magisterskiej dodatkowo promotor lub recenzent musi posiadać habilitację.

4.3. Łączenie działalności badawczej i dydaktycznej

Na Wydziale MiNI działa 11 grup badawczych prowadzących prace naukowe w obszarze inżynierii i analizy danych. Zajęcia dydaktyczne prowadzone przez nauczycieli akademickich są bezpośrednio związane z ich działalnością badawczą. Co roku pracownicy naukowcy oferują ponad 90 unikatowych przedmiotów obieralnych, które związane są z ich działalnością naukową. Ponad 60 z nich jest uruchamianych na podstawie wyboru studentów. Przykładowo w roku akademickim 2021/2022 między innymi uruchomiono następujące przedmioty:

- Architektura aplikacji chmurowych
- BI Analyst
- Bioinformatics
- Computational Genomics
- Image and Speech Recognition
- Introduction to Image Processing and Computer Vision

- Introduction to Natural Language Processing
- Metody statystyki obliczeniowej
- Narzędzia SAS
- Programming in Logic and Symbolic Programming
- Programowanie funkcyjne w języku Haskell
- Projekt badawczy - algorytmy dla GPU
- Przetwarzanie danych w systemie SAS
- Semantyczne przetwarzanie danych
- Systemy agentowe w zastosowaniach
- Wnioskowanie rozmyte.

Dzięki temu studenci są wprowadzani w metody i zagadnienia badań naukowych na poszczególnych przedmiotach prowadzonych przez specjalistów w danej dziedzinie.

W większości projektów badawczych realizowanych na Wydziale w obszarze *Data Science* są zaangażowani studenci. Wiele z nich zakończyło się wspólnymi publikacjami naukowymi nauczycieli akademickich i studentów:

- **Baniecki H., Kretowicz W., Wiśniewski J., Piątyszek P., Biecek P.**, dalex: Responsible Machine Learning with Interactive Explainability and Fairness in Python, *Journal of Machine Learning Research*, 22(214) (2021), str. 1 – 7
- **Baniecki H.**, Biecek P., Responsible Prediction Making of COVID-19 Mortality, *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(18):15755–15756, 2021
- **Wachulec M.**, Luckner M., Fault detection of jet engine heat sensor, *Procedia Computer Science*, 192 (2021), str. 844 – 852
- **Baniecki H.**, Biecek P., modelStudio: Interactive Studio with Explanations for ML Predictive Models, *The Journal of Open Source Software* 4(43) 1798 (2019)
- Burdukiewicz M., Sidorczuk K., **Rafacz D.**, Pietluch F., Chilimoniuk J., Roediger S., Gagat P. Proteomic Screening for Prediction and Design of Antimicrobial Peptides with AmpGram. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21(12)
- Burdukiewicz M., Sidorczuk K., **Rafacz D.**, Pietluch F., **Bąkała M.**, Słowik J, Gagat P. CancerGram: An Effective Classifier for Differentiating Anticancer from Antimicrobial Peptides. *Pharmaceutics*. 2020; 12(11)
- Anysz, H.; **Brzozowski, Ł.**; **Kretowicz, W.**; Narloch, P. Feature Importance of Stabilised Rammed Earth Components Affecting the Compressive Strength Calculated with Explainable Artificial Intelligence Tools. *Materials* 2020, 13, 2317. <https://doi.org/10.3390/ma13102317>

Dodatkowo studenci angażowani są w liczne projekty badawcze. Lista projektów wraz z liczbą studentów podana jest w Tabeli 4.

L.P.	PROJEKT	NAZWA	KIEROWNIK	OKRES TRWANIA	LICZBA STUDENTÓW
1.	NCN – SONATA 4	Nowe algorytmy i struktury dla procesów GPU wykonujące masowe operacje na danych	dr inż. Krzysztof Kaczmarek	15.07.2013 – 14.01.2017	2
2.	NCN – OPUS 11	MLGenSig (Machine Learning Genetic Signatures) Metody uczenia maszynowego w budowie zintegrowanych sygnatur genetycznych	dr hab. inż. Przemysław Biecek, prof. uczelni	19.01.2017 – 18.01.2021	10

L.P.	PROJEKT	NAZWA	KIEROWNIK	OKRES TRWANIA	LICZBA STUDENTÓW
3.	NCN – OPUS 13	Metody symulacyjne w wielokrokowych Grach Obronnych Stackelberga w kontekście zagadnień bezpieczeństwa publicznego	prof. dr hab. inż. Jacek Mańdziuk	07.02.2018 – 06.02.2021	1
4.	NCN – OPUS 14	DALEX: Lokalne, brzegowe i globalne objaśnienia złożonych modeli uczenia maszyn	dr hab. inż. Przemysław Bieчек, prof. uczelni	08.08.2018 – 07.08.2022	11
5.	NCN – SONATA 14	Program optymalności w problemach homomorfizmu grafów	dr inż. Paweł Rządewski	13.06.2019 – 12.06.2022	1
6.	NCN – SONATA BIS 9	HOMER: Uczenie maszynowe zorientowane na człowieka	dr hab. inż. Przemysław Bieчек, prof. uczelni	15.04.2020 – 14.04.2025	6
7.	HORYZONT 2020	VARIETY, VERACITY, VALUE: HANDLING THE MULTIPLICITY OF URBAN SENSORS (VAVEL)	dr inż. Marcin Luckner	01.12.2015 – 30.11.2018	9
8.	POLNOR	Machine Learning-based systems for the automation of systematic literature reviews in food safety domain	prof. dr hab. inż. Radosław Pytlak	01.10.2020 – 01.10.2022	1
9.	NCBiR – TANGO	GTS-LOG: System wydajnego tworzenia szeregów czasowych z danych tekstowych	dr inż. Krzysztof Kaczmarski	17.04.2019 – 16.04.2020	3
10.	NCBiR – CyberSecIdent	Eksperymentalna platforma do automatycznej weryfikacji i walidacji algorytmów i protokołów kryptograficznych	dr hab. inż. Konstanty Junosza-Szaniawski, prof. uczelni	01.07.2020 – 30.06.2023	2
11.	IDUB against COVID-19	Wykrywanie zmian spowodowanych chorobą Covid-19 na danych obrazowych z badania płuc z zastosowaniem wyjaśnialnej sztucznej inteligencji oraz kompresowalnych reprezentacji poznawczych	dr hab. inż. Przemysław Bieчек, prof. uczelni	01.09.2020 – 31.08.2022	17
12.	IDUB against COVID-19	Nietoperze jako źródło nowych szczepów wirusów z podrodziny Coronaviridae stanowiących zagrożenie dla populacji ludzkiej	dr Michał Łaźniewski	01.09.2020 – 28.02.2022	1
13.	SZIR – 1	Kognitywne przeszukiwanie i mapowanie nieustrukturalizowanych oraz częściowo ustrukturalizowanych danych temporalnych	dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska	01.07.2021 – 30.06.2022	1

L.P.	PROJEKT	NAZWA	KIEROWNIK	OKRES TRWANIA	LICZBA STUDENTÓW
14.	SZIR – 2	Automatyczna selekcja cech w zadaniu lokalizacji wewnątrz budynkowej	dr inż. Marcin Luckner	01.01.2021 – 31.12.2022	1
15.	SZIR – 2	Transfer zbioru danych: Skuteczność abstrakcji danych i jakość modelowania danych	dr inż. Anna Wróblewska	01.01.2021 – 31.12.2022	1
16.	grant wydziałowy	Analiza danych zmiennych w czasie	dr inż. Marcin Luckner	19.04.2021 – 30.11.2021	1
17.	grant wydziałowy	Metody wizualnej eksploracji złożonych modeli uczenia maszynowego	dr hab. inż. Przemysław Bieчек, prof. uczelni	25.06.2019 – 30.11.2020	1
18.	grant statutowy	Rezerwa Dziekańska	dr hab. Wojciech Domitrz, prof. uczelni	27.07.2018 – 31.07.2019	1
19.	grant statutowy	Rezerwa Dziekańska	dr hab. Wojciech Domitrz, prof. uczelni	29.06.2017 – 31.10.2018	1
20.	grant statutowy	Algorytmy analizy wysokowymiarowych danych genetycznych z projektu The Cancer Genome Atlas	dr hab. inż. Przemysław Bieчек, prof. uczelni	09.05.2016 – 01.10.2017	1
21.	grant statutowy	Analiza matematyczna nieliniowych modeli mechaniki ośrodków ciągłych – kontynuacja	prof. dr hab. Krzysztof Chełmiński	09.05.2016 – 01.10.2017	1

Tabela 4. Lista projektów badawczych w których uczestniczyli studenci wraz z liczbą zaangażowanych studentów.

4.4. Polityka kadrowa

Celem polityki kadrowej Wydziału jest stały rozwój kadry i poprawianie jej jakości. Wydział przywiązuje ogromną wagę do poziomu badań naukowych prowadzonych w jednostce i dlatego stawia wysokie wymagania kandydatom do pracy na stanowiskach naukowo-dydaktycznych, a jednocześnie zabiega o znalezienie nowych nauczycieli którzy spełniają takie oczekiwania. Priorytetem w ocenie kandydata jest prowadzenie badań, które tematycznie są zbieżne z profilem badań istniejących lub tych, które poszerzą spektrum badań prowadzonych na wydziale o 'nowe trendy'. W obu przypadkach oczekuje się, że poziom badań kandydata wzmocni poziom badań prowadzonych na Wydziale. Przy ocenie kandydata bierze się także pod uwagę posiadanie publikacji w renomowanych czasopismach, kierowanie grantami i współpracę międzynarodową. Skala tych osiągnięć jest dobierana do stopnia naukowego/ tytułu naukowego / stanowiska na które planowane jest zatrudnienie. Ponadto Wydział zabiega o stałe odnawianie kadry naukowo-dydaktycznej poprzez przyjmowanie najlepszych absolwentów studiów drugiego stopnia (kierunku – *Informatyka*) lub trzeciego stopnia (doktoranckie) z kierunków: Inżynieria i Analiza Danych, *Informatyka* i *Matematyka*. Zatrudnianie pracowników odbywa się w drodze konkursów według obowiązujących zasad (Załącznik nr 12 do Statutu PW oraz Zarządzenia Rektora PW nr 83/2014, nr 5/2013, 4/2012). Komisje konkursowe analizują dokumenty i przeprowadzają rozmowy kwalifikacyjne ze wszystkimi kandydatami.

Kolejnym celem polityki kadrowej Wydziału jest zapewnienie przez kadrę Wydziału odpowiedniego poziomu kształcenia i osiągania przez studentów zakładanych efektów uczenia się.

Ocena okresowa jest przeprowadzana zgodnie z Zarządzeniem nr 35/2020 Rektora Politechniki Warszawskiej z dnia 5 czerwca 2020 r. wraz późniejszymi zmianami. Zgodnie z nią nauczyciele akademicki są oceniani w następujących obszarach: działalności dydaktycznej, osiągnięć naukowych i twórczych oraz kształcenia kadr, działalności organizacyjnej oraz w zakresie przestrzegania prawa autorskiego i praw pokrewnych.

Ponadto wszystkie zajęcia na Wydziale podlegają ankietyzacji przez studentów raz w semestrze, natomiast każdy pracownik jest hospitowany co najmniej raz na trzy lata, w tym nowi pracownicy w ciągu pierwszego roku zatrudnienia. Wyniki ankiet i hospitacji brane są pod uwagę w ocenie okresowej pracowników jak i przydzielaniu zajęć. Zastrzeżenia ujawnione przez ankiety lub hospitacje omawiane są z ocenianym pracownikiem. W większości przypadków rozmowa z pracownikiem skutkuje poprawą. Brak poprawy stanowi podstawę do zmiany obsady zajęć i może skutkować oceną warunkową lub negatywną.

W celu zapewnienia kompletności informacji i rzetelności oceny działalności naukowej, kształcenia kadry i działalności organizacyjnej Wydział rozwinął dwa systemy informatyczne PLUTON (*Prorozwojowy Leksykograficzny Ultrainnowacyjny Telerejestrator Osiągnięć Naukowych*) oraz SZOK (*System Zarządzania i Oceny Kadry*). W systemie „PLUTON” każdy pracownik naukowo-dydaktyczny wpisuje na bieżąco dane nt. opublikowanych prac naukowych, prac złożonych i przyjętych do druku, wygłoszonych referatów na konferencjach, wykładów wygłoszonych w innych jednostkach, wyjazdów na konferencje, na staże naukowe i jako *visiting profesor*, zaproszonych gości, wszczętych postępowań w zakresie stopnia/tytułu naukowego, osiągnięć w działaniu na rzecz rozwoju kadry naukowej (np. opieka nad doktorantem), członkostwie we władzach i funkcjach pełnionych z wyboru w towarzystwach i organizacjach naukowych, członkostwie w komitetach redakcyjnych czasopism, o odznaczeniach, nagrodach i stypendiach, udziale w projektach badawczych, o patentach i wdrożeniach, osiągnięciach w zakresie popularyzacji nauki, jak również o udziale w przedsięwzięciach na zlecenie biznesu. System ten znacząco ułatwia pracownikom i doktorantom przygotowanie rocznych i okresowych sprawozdań z działalności naukowej, wniosków o granty dziekańskie i statutowe oraz ich rozliczeń. System SZOK przechowuje dane o zatrudnieniu pracowników i ułatwia władzom Wydziału efektywne zarządzanie kadrami.

4.5. System wspierania rozwoju i podnoszenia kompetencji kadry

System wspierania i motywowania kadry do rozwoju naukowego obejmuje:

- przyznawanie grantów dziekańskich i statutowych aktywnym pracownikom naukowo-dydaktycznym i doktorantom zgodnie z regulaminem uchwalanym corocznie przez Dziekańską Komisję ds. Finansowania Badań Naukowych (wysokość przyznawanych środków zależy m. in. od rangi czasopism)
- awanse na stanowiska profesora uczelni doktorów habilitowanych o dużej aktywności naukowej, a w szczególności awans pracowników o wybitnych osiągnięciach na stanowisko profesora bezpośrednio po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego
- podwyższanie wynagrodzeń pracownikom, którzy:
 - a. uzyskali awanse naukowe
 - b. wnieśli największy wkład do oceny parametrycznej
 - c. uzyskali wyróżniające oceny okresowe
- nagrody rektora za osiągnięcia naukowe
- zniżki pensum dydaktycznego (w wymiarze 60 godzin na rok) za kierowanie grantami zewnętrznymi pozyskanymi w drodze konkursów
- prowadzenie seminariów naukowych i organizowanie konferencji
- zachęcanie do udziału w stażach zagranicznych (płatne urlopy naukowe)
- bezpłatne szkolenia w zakresie wykorzystania narzędzi i technologii informatycznych w procesie kształcenia i badań naukowych.

Ponadto władze Wydziału oraz kierownicy zakładów wspierają pracowników poprzez konsultacje i doradztwo w przygotowywaniu wniosków o granty, wniosków habilitacyjnych oraz wystąpień o tytuł naukowy.

System wspierania i motywowania kadry do podnoszenia kompetencji dydaktycznych obejmuje:

- Szkolenia z innowacyjnych form kształcenia, tworzenia multimedialnych treści dydaktycznych oraz specjalistycznych kompetencji językowych w ramach projektu Projekt Politechniki Warszawskiej „Kompetentny wykładowca – wysoki poziom nauczania
- Awansowanie i podnoszenie wynagrodzeń wyróżniającym się pracownikom dydaktycznym
- Przyznawanie nagród rektora za osiągnięcia dydaktyczne, w tym za wyróżniające prowadzenie zajęć
- Przyznawanie przez Samorząd Studencki nagród w konkursie „Złota Kreda” dla najlepszych nauczycieli akademickich (w kategoriach: prowadzący wykłady, prowadzący ćwiczenia / laboratoria / projekty)
- Prezentowanie na Radzie Wydziału listy nauczycieli akademickich, którzy uzyskali najlepsze wyniki w ankietach studenckich.

Podejmowane przez Wydział działania mające na celu wspieranie i motywowanie kadry zaowocowały wzmożoną aktywnością naukową, widoczną w ostatniej ocenie parametrycznej oraz awansami naukowymi. W ostatnich pięciu latach:

- tytuł naukowy profesora uzyskało 6 pracowników Wydziału, w tym 2 w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
- stopień doktora habilitowanego uzyskało 5 pracowników Wydziału, w tym 2 w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
- na wydziale obroniono 23 doktoraty, w tym 8 w naukach inżynieryjno-technicznych.

Istotnym elementem rozwoju kadry jest nabór młodych pracowników. W przypadku kierunków informatycznych zadanie to jest szczególnie trudne ze względu na ogromną konkurencję ze strony przemysłu. Państwowa uczelnia w podstawowym modelu wynagrodzeń nie jest w stanie zaoferować pensji, która mogłaby choć zbliżyć się do ofert w firmach komercyjnych. Na Wydziale MiNI stosowanych jest kilka strategii mających przyciągnąć młodych pracowników naukowych i zachęcić ich do prowadzenia działalności badawczej, która mogłaby prowadzić do studiów doktoranckich, a w rezultacie do obrony doktoratu. Pierwszą z nich jest systematyczne włączanie najzdolniejszych studentów do pracy w projektach badawczo-rozwojowych realizowanych na Wydziale wspólnie z partnerami przemysłowymi. Pozwala to z jednej strony studentom na poznanie ciekawych problemów przemysłu, pogłębienie relacji z Wydziałem i uzyskanie stabilnego wynagrodzenia. Więcej na ten temat można znaleźć w opisie Kryterium 6. Drugim działaniem jest system stypendialny wspierający najzdolniejszych studentów. Szczegóły tego systemu znajdziemy w opisie Kryterium 8. Kolejnym elementem systemu rozwoju kadry są stypendia dla studentów stażystów. Są to staże dydaktyczne dla studentów, którzy wykazali się aktywnością naukową. W roku 2021 staż ten rozpoczęło dwóch studentów studiów magisterskich Data Science.

Przykładowe szkolenia zorganizowane dla pracowników i studentów Wydziału:

- 1) „Google Cloud Career Readiness” (online na platformie Coursera oraz Qwiklabs 2021 r.) – program:
 - Google Cloud Computing Foundations
 - Career Readiness Cloud Architect
 - Career Readiness Data Analyst
- 2) „MATLAB @ MINI” (2021 r. prowadzący: Alex Tarchini – MathWorks) – program:
 - Teaching with MATLAB
 - Integrate MATLAB with Moodle

- Use MATLAB resources in support of hybrid teaching
- Build and deploy interactive MATLAB Apps

3) „Statystyka w środowisku MATLAB | MiNI PW” (2021 r. prowadzący: Alex Tarchini – MathWorks) – program:

- Wprowadzenie do środowiska MATLAB
- Eksploracja danych - wprowadzenie do statystyki opisowej i rozkładów danych
- Dopasowanie krzywej do danych - dopasowanie liniowych i nieliniowych modeli do danych
- Interpolacja danych - interpolacja wartości z zestawu danych
- Budowanie aplikacji w MATLABie.

Dodatkowe informacje, które uczelnia uznaje za ważne dla oceny kryterium 4:

Głównym problemem polityki kadrowej na Wydziale jest poważne przeciążenie kadry zajęciami dydaktycznymi. Decyzja władz Uczelni o zwiększeniu pensum dydaktycznego pracownikom naukowo-dydaktycznym z 210 do 240 godzin (z wyjątkiem profesorów zwyczajnych) nie pomaga, zwłaszcza młodym pracownikom, w zaangażowaniu się w pracę naukową w takim stopniu jakby chcieli. Dodatkowo statut Uczelni mówi, że w przypadku trudności z obsadą zajęć przełożony ma prawo zlecić nadgodziny pracownikom naukowo-dydaktycznym w wymiarze nieprzekraczającym 25% pensum i odpowiednio 50% pensum pracownikom dydaktycznym. To oznacza, że Uczelnia dopuszcza, aby pensum adiunkta (pracującego nad habilitacją) wynosiło 300 godzin! Trudno w takiej sytuacji oczekiwać postępów w przygotowaniu habilitacji. Dlatego kierownicy zakładów, współodpowiedzialni za obciążenia pracowników, są zobligowanymi do nieobciążania doktorów godzinami ponadwymiarowymi.

Również relatywnie niskie zarobki młodej kadry w zestawieniu z ofertami na rynku pracy, proponowanymi przez pracodawców (którzy bardzo wysoko cenią absolwentów Wydziału), skutkują rezygnacją z kariery naukowej. Są to bolesne straty, których odrabianie trwa czasami kilka lat zanim wychowa się następcom.

Mimo powyższych trudności Wydziałowi udaje się utrzymać zespół pełen zaangażowanych nauczycieli na wysokim poziomie zarówno naukowym jak i dydaktycznym.

Kryterium 5. Infrastruktura i zasoby edukacyjne wykorzystywane w realizacji programu studiów oraz ich doskonalenie

5.1. Baza lokalowa

Wydział MiNI posiada nowoczesny w pełni wyposażony budynek oddany do użytku w roku 2012. W gmachu Wydziału MiNI mieści się reprezentacyjne 300-osobowe, podzielne na 2 mniejsze, audytorium oraz 6 multimedialnych sal wykładowych: 2 duże (135-osobowe), 3 średnie (72-osobowe) oraz 1 małą (33-osobową). Dostępnych jest również 13 sal ćwiczeniowych (30-osobowych) oraz 11 laboratoriów komputerowych (dwie 25-osobowe, osiem 16-osobowych, jedną 20-osobową). W 16-osobowych laboratoriach jest 16 stanowisk komputerowych (dla 15 studentów i jednego prowadzącego), co determinuje maksymalną liczbę studentów biorących udział w zajęciach. Każda z sal wykładowych wymienionych wyżej wyposażona jest w rzutnik, opuszczane ekrany, rolety, system nagłośnienia i zintegrowane sterowanie. W każdej sali ćwiczeniowej i laboratorium komputerowym prowadzący może korzystać z rzutnika z ekranem, a w 12 z nich – z tablic interaktywnych QOMO QWB 70 z projektorami.

W całym budynku dostępna jest sieć WiFi, a w ramach niej EduRoam, do której autoryzacja odbywa się poprzez ogólno-uczelniany identyfikator studenta lub pracownika.

W budynku działają laboratoria badawcze ulokowane w dedykowanych pomieszczeniach:

1. Laboratorium Bioinformatyki i Genomiki Obliczeniowej (p. 222). Badania prowadzone pod kierunkiem prof. dr hab. Dariusza Plewczyńskiego skupiają się na bioinformatyce, oraz obliczeniowej genomice funkcjonalnej i strukturalnej. Wyposażone w 4 bardzo mocne stacje robocze (podwójne karty GPU) oraz podłączenie do klastra obliczeniowego Eden^N.
2. Human-Oriented Machine Learning – HOMER (p. 317). Zespół tworzy nowe metody, narzędzia i praktyki stawiające człowieka w centrum procesu modelowania (Human-Oriented Machine Learning). Wiodącym tematem jest system wspomagający diagnozy chorób płuc w oparciu o zdjęcia x-ray i CT. Obecnie do zespołu należy 6 doktorantów i 8 studentów oraz trzech pracowników badawczo dydaktycznych.
3. DataLab (p. 44). Zespół badawczy prowadzący badania w obszarze eksploracji danych, wizualizacji danych, ekstrakcji informacji, wspierania decyzji opartych o dane. Zespół prowadzi otwarte szkolenia, projekty komercyjne oraz projekty badawcze, dla studentów i pracowników PW, jak również dla podmiotów spoza PW. Obecnie do zespołu należy 6 doktorantów i 8 studentów oraz trzech pracowników badawczo dydaktycznych.
4. Laboratorium Wirtualnej Rzeczywistości (p. 310) wyposażone w dedykowane specjalistyczne stacje robocze i kilkanaście zestawów gogli VR oraz pokrewnego sprzętu wraz z dedykowanymi kontrolerami i manipulatorami (kierownice FFB, joysticki), w tym HTC Vive, Oculus Rift S, Leap Motion i Kinect. W laboratorium pracują studenci zaangażowani w Kole Naukowym Wirtualnej Rzeczywistości oraz osoby realizujące prace badawcze i rozwojowe wymagające sprzętu VR.

Na parterze budynku usytuowane są specjalne pomieszczenia oddane do użytku Wydziałowej Radzie Studentów, a na pierwszym piętrze 3 pomieszczenia dla kół naukowych (p. 126, 127, 128). Obecnie korzystają z nich:

1. Koło Naukowe Data Science
2. Koło Naukowe Informatyków
3. Koło Naukowe Kombinatoryczno-Algebraiczne Koala
4. Koło Naukowe Matematyków
5. Koło Naukowe Modelowania Matematycznego
6. Koło Artystyczne "Temat"
7. Koło Naukowe Zarządzania Projektami "Pmart"

Zajęcia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych nie odbywają się poza Uczelnią.

5.2. Infrastruktura komputerowa

W laboratoriach komputerowych wykorzystywanych na zajęciach dydaktycznych dostępne jest 208 komputerów stacjonarnych. Na każdym zainstalowano 2 systemy operacyjne: Windows 10 i Arch Linux z oprogramowaniem komercyjnym (m.in. Microsoft Software Developer Network Academic Alliance – MSDN AA, Matlab, Oracle, Mathematica) i Open Source. Dla studentów i pracowników dostępnych jest również 19 urządzeń wielofunkcyjnych CANON, które zapewniają zintegrowany ze stacjami roboczymi system druku, kopiowania oraz skanowania.

Na potrzeby dydaktyczne i badawcze przeznaczono 12 serwerów IBM x3550M3 oraz 5 serwerów IBM x3650M3. Studenci mają dostęp do trzech klastrów obliczeniowych, z których jeden został sfinansowany przy pomocy grantu MEiN w roku 2021, a koszt jego budowy przekroczył 4mln zł. Ze względu na prowadzenie zajęć z programowania procesorów graficznych i posiadaną na Wydziale bazę sprzętową, Wydział otrzymał w roku 2014 status NVIDIA CUDA Teaching Center.

Dla zapewnienia odpowiedniej przestrzeni dyskowej zarówno dla studentów jak i pracowników na Wydziale pracują dwie macierze dyskowe o łącznej pojemności 108 TB. Za połączenia serwerów z macierzami odpowiada dedykowana sieć Ethernet oparta na dwóch dedykowanych przełącznikach Junper EX2200. Konfiguracja sprzętowa zapewnia pełną duplikację ścieżki połączenia serwerów do macierzy.

Szczegółowy opis bazy lokalowej i infrastruktury informatycznej zawiera Załącznik nr 2.6a do raportu samooceny.

5.3. Monitorowanie i doskonalenie infrastruktury informatycznej

Monitoring stanu infrastruktury informatycznej jest na bieżąco prowadzony przez Kierownika Laboratorium Informatyki. Jednocześnie jest on w ramach pełnienia roli Pełnomocnika Dziekana ds. Sieci Komputerowej i Kontaktów z Centrum Informatyzacji Politechniki Warszawskiej odpowiedzialny za infrastrukturę komunikacyjnej sieci komputerowej wewnątrz Wydziału oraz podłączenie Wydziału do sieci Politechnicznej.

Sprzęt w laboratoriach komputerowych jest systematycznie wymieniany na nowy. Listę wymienionego sprzętu wraz z wartością inwestycji przedstawia Tabela 1. W roku 2022 planowana jest wymiana kolejnych 32 komputerów. Po tej inwestycji nie będzie w laboratorium komputerów starszych niż 5-cio letnie.

Rok	2019	2020	2021
Cel inwestycji	– dyski zakupione do zwiększenia przestrzeni dyskowej dla studentów – Zapasowe dyski pozwalające na zapewnienie wysokiej dostępności dysku studenckiego – zestawy komputerowe typ A 15 szt. – monitory komputerowe 12 szt. – zestawy komputerowe typ B 17 szt. – komputery stacjonarne 4 szt	– zestawy komputerów stacjonarnych do laboratorium komputerowego - 28 szt. – głośniki Logitech Z200 2.0 – 8 szt do sal seminaryjnych	– zestaw Raspberry Pi - 15 zestawów – zestawów czujników i modułów do Raspberry Pi - 7 zestawów – projektor multimedialny do audytorium 107
Wartość inwestycji	144 279,16 zł	94 099,92 zł	19 702,30 zł

Tabela 1. Lista modernizacji sprzętu dla studentów w ostatnich 3 latach.

Władze i pracownicy Wydziału prowadzą nieustannie starania mające na celu pozyskiwanie funduszy na rozbudowę bazy badawczej Wydziału, tj. maszyn obliczeniowych dużej mocy, bez których nie jest obecnie możliwe prowadzenie badań na światowym poziomie.

W roku 2016 Wydział uzyskał grant **Budowa klastra obliczeniowego dla matematyki i informatyki genomicznej**, (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, rej. II/0070/2016) o wartości **100.000 zł**, który został wykorzystany na zakup wydajnego serwera obliczeniowego wyposażonego w cztery karty GPU klasy NVIDIA Pascal P100. W roku zakupu była to najmocniejsza karta obliczeniowa na rynku.

W roku 2020 Wydział uzyskał grant na rozbudowę infrastruktury badawczej pt. **Budowa klastra obliczeniowego na potrzeby data-science**, (Ministerstwo Edukacji i Nauki, rej. II/SP/453342/2020) o wartości **292.326,40 zł**, który został przeznaczony na zakup wydajnych serwerów obliczeniowych ogólnego przeznaczenia w tym obliczeń związanych z uczeniem maszynowym, oraz bazami danych typu Big-Data.

Również w roku 2020 dzięki staraniom Laboratorium Bioinformatyki i Genomiki Obliczeniowej, której kierownikiem jest prof. Dariusz Plewczyński, Wydział uzyskał grant na zakup komputera dużej mocy pt. **System sztucznej inteligencji do interpretacji sekwencji DNA genomu ludzkiego**, (Ministerstwo Edukacji i Nauki, rej. 7054/IA/SP/2020) o wartości **2.038.305,64 zł**. Dzięki dodatkowemu finansowaniu ze środków Wydziału całkowity koszt inwestycji osiągnął **4.000.000zł**. Na zakupiony sprzęt składają się 4 węzły superkomputerowe DGX-2 marki NVIDIA oraz macierz dyskowa o pojemności 1PB. Szczegółowy opis klastra znajduje się w Załączniku nr 2.6a. Zdjęcie klastra po instalacji pokazane jest na Rysunku 1.

Całość opisywanego sprzętu obliczeniowego dostępna jest dla pracowników, doktorantów i studentów Wydziału realizujących prace badawcze w ramach projektów naukowych lub prac dyplomowych.



Rysunek 1. Klastr Eden^N w serwerowni Wydziału MiNI PW

5.4. Platforma komunikacyjno-informacyjna oraz pracy zdalnej

W całym gmachu Wydziału MiNI działa sieć Ethernet i bezprzewodowa Wi-Fi, w tym akademicka sieć EduRoam. Sieć służy wszystkim studentom, pracownikom i doktorantom. Jest też udostępniana gościom i podczas różnych wydarzeń naukowych i edukacyjnych odbywających się w gmachu MiNI. W domach studenckich studenci mają dostęp do Internetu. Za Internet w akademikach odpowiada Centrum Informatyzacji Politechniki Warszawskiej.

Wszyscy studenci Politechniki Warszawskiej mogą korzystać przez Internet z następujących systemów informatycznych zarządzanych centralnie przez Centrum Informatyzacji PW:

- USOSWeb – Uczelniany System Obsługi Studiów
- System Poczty PW – studencka skrzynka pocztowa
- MS Teams – platforma pracy zdalnej
- Moodle – platforma e-learningowa
- APD – Archiwum Prac Dyplomowych (zintegrowany z systemem JSA – Jednolity System Antyplagiatowy)
- SRS – System Rezerwacji Sal
- Ankieter – System ankietujący zintegrowany z systemem USOS
- Kwaterunek SSPW – system kwaterunkowy w akademikach PW
- BIP PW – Biuletyn Informacji Publicznej PW

Ponadto pracownicy mają dostęp do portalu pracowniczego zbudowanego na platformie SAP.

W związku z pandemią wirusa Sars-Cov-2 Wydział w roku akademickim 2019/2020, 2020/2021 oraz 2021/2022 prowadził nauczanie w trybie hybrydowym oraz zdalnym przy pomocy platform MS Teams oraz Moodle. Platformy te zintegrowane są z działającym na PW systemem USOS. Dodatkowo dla pracowników i studentów dostępny jest system pracy grupowej Office 365 wraz z licznymi rozszerzeniami firmy Microsoft. Za działanie wszystkich wymienionych platform, które uruchomione są na poziomie całej Uczelni, odpowiada Centrum Informatyzacji PW.

Podczas nauczania zdalnego dla niektórych zajęć uruchomione są komputery w trybie dostępu spoza budynku Wydziału. Pozwala to studentom przebywającym w domach na korzystanie ze specyficznego oprogramowania działającego wyłącznie w laboratoriach Wydziału bądź objętego licencją. Dostęp zdalny do stacji roboczych realizowany jest na życzenie studentów i pracowników.

5.5. Udogodnienia dla studentów

Władze Politechniki Warszawskiej i Wydziału MiNI mają na uwadze nieustanną troskę o stworzenie w odpowiedniej atmosfery nie tylko do nauki i prac badawczych ale i pracy własnej studentów oraz odpoczynku. Wsłuchanie się w potrzeby społeczności akademickiej doprowadziło do uruchomieniu na Politechnice Warszawskiej projektu pt. Budżet Partycypacyjny PW, do którego własne pomysły mogą zgłaszać pracownicy i studenci.

W roku 2020 w ramach tego projektu, dzięki wspólnej inicjatywie studentów i pracowników Wydziału, przeprowadzono zakup sprzętu rozrywkowego dla studentów: stołu do ping-ponga, piłkarzyków oraz bilarda.

Warto również dodać, że w budynku Wydziału znajdują się dwie strefy relaksu dla studentów, jedną na parterze drugą na pierwszym piętrze. W miejscach tych ustawione są wygodne kanapy i stoliki. Na pierwszym piętrze znajdują się również stoły do wspólnej pracy studentów.

Do pracy własnej studentów przeznaczone jest jedno 20-stanowiskowe laboratorium. Sala ta jest na stałe wyposażona w zestawy słuchawek wraz z mikrofonami. Znacząco ułatwia to indywidualne korzystanie z aplikacji multimedialnych. Do cichej pracy studentów przygotowane są również 2 pomieszczenia na piętrach drugim i trzecim. Aktualnie, w czasie pandemii dostęp do nich jest utrudniony. Jedno z nich zostało zamienione na izolatkę.

5.6. Studenci z niepełnosprawnościami

Wszystkie sale na Wydziale dostępne są dla osób niepełnosprawnych ruchowo. Do każdego pomieszczenia w budynku można dostać się windą z poziomu gruntu lub garażu bez konieczności pokonywania stopni. Dla studentów z niepełnosprawnością dostępne są miejsca w garażu podziemnym budynku. Cały budynek posiada również oznaczenia pomieszczeń i pięter w języku Brailla. Jedna z pracownic dziekanatu przeszkolona jest w posługiwaniu się językiem migowym.

Aula 107, największa sala Wydziału, wyposażona jest w pętlę indukcyjną dla osób z niepełnosprawnością słuchową. Pozwala ona na bezprzewodowe przekazywanie dźwięków bezpośrednio do aparatu słuchowego.

Wydział udostępnił dla nauczycieli instrukcje zawierające wytyczne wspierania studentów o następującymi problemami: zespół Aspergera, dysleksja, choroby przewlekłe, choroby psychiczne, niepełnosprawności mowy, ruchowe, wzrokowe i słuchowe, oraz reagowanie na różnorodne sytuacje trudne. Instrukcje dostępne są pod adresem:

<https://ww2.mini.pw.edu.pl/dla-pracownikow/dydaktyka/ksztalcenie-osob-niepelnosprawnych/>

5.7. System biblioteczno-informacyjny uczelni

Studenci mogą korzystać z usług wszystkich jednostek systemu biblioteczno-informacyjnego PW, w tym: Biblioteki Głównej. Użytkownicy mają zapewnioną zdalną możliwość jednoczesnego przeszukiwania wszystkich katalogów bibliotek uczelnianych, a także możliwość rezerwowania, zamawiania, wypożyczania i samodzielnego przedłużania wypożyczonych książek. Studenci mają zapewniony zdalny dostęp (z terenu Uczelni lub poza Uczelnią) do elektronicznych baz danych, w tym Bazy Biblioteki Narodowej oraz pełnotekstowych baz danych np. ACM Digital Library, IoPscience, JSTOR, Ebrary (książki), IBUK Libra (książki i czasopisma), Knovel, Science Direct on Line (książki i czasopisma), SPIE Digital Library (książki), Platforma edukacyjna do nauczania informatyki. Studenci mogą także korzystać z usług bibliotekarza dziedzinowego, z wypożyczalni między-bibliotecznej, wypożyczalni studenckiej, czytelni norm, czytelni z wolnym dostępem. W Załączniku 2.6b. do niniejszego raportu zawarto szczegółowy opis zasobów bibliotecznych obejmujących literaturę zalecaną na kierunku studiów Inżynieria i Analiza Danych.

Pełna lista dostępnych e-baz dostępna jest na stronie www.bg.pw.edu.pl/index.php/zasoby/lista-e-baz.

Kryterium 6. Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym w konstruowaniu, realizacji i doskonaleniu programu studiów oraz jej wpływ na rozwój kierunku

Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych prowadzi bardzo intensywną i owocną współpracę ze środowiskiem społeczno-gospodarczym. Tak bogata współpraca jest możliwa dzięki trzem sprzyjającym czynnikom:

1. współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym jest jednym z głównych celów zaplanowanych i realizowanych w ramach strategii rozwoju Wydziału MiNI
2. stolica to sprzyjająca lokalizacja, Warszawa skupia znaczącą część polskich i zagranicznych firm rozwijających tutaj oddziały B+R
3. Wydział MiNI jako pierwszy w Polsce oferował studia w obszarze Data Science, co pozwoliło na zbudowanie silnej i rozpoznawalnej marki w tym obszarze.

Korzystając z tych uwarunkowań Wydział prowadzi współpracę z otoczeniem społeczno-gospodarczym na ośmiu obszarach, które są opisane w punkcie 6.1. Efektywność tej współpracy jest systematycznie monitorowana w ramach pięciu działań, które są opisane w punkcie 6.2. W oparciu o doświadczenia z tej współpracy w sposób ciągły usprawniany jest program kształcenia.

6.1. Formy współpracy z instytucjami otoczenia społeczno-gospodarczego

Obszar 1: Włączanie podmiotów z otoczenia społeczno-gospodarczego do prowadzenia zajęć

Pracownicy podmiotów z otoczenia społeczno-gospodarczego są aktywnie włączani w proces dydaktyczny jako prowadzący lub współprowadzący wykładów, laboratoriów i projektów. Forma tej współpracy jest bardzo różnorodna i obejmuje:

- proponowanie przez firmy problemów badawczych do rozwiązania w ramach zajęć projektowych przedmiotów typu Warsztaty Badawcze 1 i 2, Techniki Wizualizacji Danych, Data Science Workshop. Przykładowo Centrum Nauki Kopernik w ramach już kilkuletniej współpracy dostarcza dane o zwiedzających, które są analizowane i następnie prezentowane badaczom z CNK
- prowadzenie wspólnych projektów angażujących pracowników firm i studentów. Przykładowo, w ramach już czteroletniej współpracy z firmą McKinsey przy przedmiocie Wyjaśnialne Uczenie Maszynowe, mieszane zespoły 3-4 studentów oraz 1-2 pracowników firmy, wspólnie rozwiązują określony problem biznesowy, w trakcie zajęć studenci mogą poznać praktyki prowadzenia projektów stosowane we współpracujących firmach
- prowadzenie przez pracowników (wysokiej klasy specjalistów praktyków) przedmiotów dla studentów. Przedmioty te prowadzone są w ramach programowej współpracy z takimi firmami jak Microstrategy, SAS Institute, Amazon. Przykładowo dr inż. Bartłomiej Jabłoński prowadzi Przetwarzanie danych w systemie SAS, dr Mariusz Kubkowski prowadzi Introduction to the SAS System, mgr Krzysztof Socki prowadzi Przetwarzanie danych w systemie SAS, dr Karol Walędzik prowadzi Cloud Computing, mgr Anna Kozak prowadzi Techniki Wizualizacji Danych, Neil Milton (Microstrategy) prowadzi BI Analyst
- realizacja wspólnych interdyscyplinarnych zajęć pomiędzy różnymi uczelniami. Przykładowo w ramach zajęć z Techniki Wizualizacji Danych realizowany jest projekt Dane-Retoryka-Dizajn, w którym studenci z trzech uczelni (MiNI Politechnika Warszawska, Wydział Dziennikarstwa Uniwersytetu Warszawskiego i Wzornictwa Akademii Sztuk Pięknych) wspólnie realizują projekty z obszaru analizy i wizualizacji danych istotnych społecznie, takich jak choroby psychiczne wśród młodych osób.

Obszar 2: Prace dyplomowe dla podmiotów z otoczenia społeczno-gospodarczego

Przedstawiciele otoczenia społeczno-gospodarczego aktywnie uczestniczą w proponowaniu prac inżynierskich oraz magisterskich, służąc studentom doświadczeniem oraz wsparciem specjalistycznym. W przeciągu ostatnich trzech lat wykonano lub zgłoszono tematy prac dyplomowych we współpracy lub w odpowiedzi na potrzeby firm takich jak: EMCA, Synerise, Centrum Medycznego MAVIT

w Warszawie, Zarząd Miasta Mińsk Mazowiecki, Molecule.one wp. a o. o., Applica.ai, Sages, SAS Institute Polska, General Electric Aviation, REFSA, Empik, Zakład Medycyny Sądowej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Findwise, Poczta Polska S.A., Orange Polska S.A., Printi PL sp. z o.o. oraz Głównym Urzędem Statystycznym.

Obszar 3: Działalność Ośrodka Badań dla Biznesu (OBB)

Od 2011 roku przy Wydziale działa Ośrodek Badań dla Biznesu prowadzący prace badawcze dla podmiotów biznesowych, głównie projektach badawczych realizowanych w ramach program NCBiR takich jak Szybka Ścieżka, Infostrateg, Gospostrateg lub projekty zamawiane. Ośrodek prowadzi dr inż. Marcin Luckner, doświadczony manager w metodologii PRINCE. Ośrodek oferuje doświadczenie i ekspertyzę 21 pracowników Wydziału MiNI. Przykładowo OBB wspólnie z Urzędem Miasta Warszawa realizował projekt VaVeL – innowacyjne rozwiązania BigData wspierające inteligentne zarządzania komunikacją w mieście.

Obszar 4: Działalność Centrum Analiz i Uczenia Statystycznego (CAUSE)

Przy Wydziale działa również centrum analiz statystycznych współpracujące głównie z zespołami badawczymi z uczelni medycznych oraz szpitali. Centrum prowadzi dr Elżbieta Sienkiewicz, specjalizująca się w statystyce stosowanej. Przykładowo centrum CAUSE współpracuje z Polską Grupą Raka Płuca przy analizach Rejestru Raka Płuca – największą w Polsce bazą danych dla operacyjnego nowotworu płuca. Wynikiem tej współpracy są liczne publikacje z obszaru onkologii, nefrologii i innych zastosowań medycznych.

Obszar 5: Działalność zespołów B+R

Katalog zespołów B+R zawiera liczne zespoły badawcze skupiające pracowników studentów i doktorantów zainteresowanych określonym obszarem zastosowań. Wśród tych zespołów wymienić można zespół projektowania CAD/CAM, Zespół przetwarzania i analizy strumieni danych, Zespół MI2 DataLab, Zespół programowania procesorów GPU i algorytmów równoległych HPC. Ośrodki te aktywnie współpracują z firmami z otoczenia społeczno-gospodarczego, takimi jak, CD Project, Microsoft, Samsung prowadząc wspólne projekty badawcze.

Obszar 6: Działalność kół studenckich

Niezależnie od aktywności inspirowanych przez pracowników, przy Wydziale działają też koła studenckie współpracujące z otoczeniem społeczno-gospodarczym, przez prowadzenie projektów oraz warsztatów. Przykładowo koło Data Science organizuje systematycznie otwarte warsztaty POWER dla osób spoza uczelni. Podczas ostatniej edycji warsztaty te przyciągnęły ponad 500 uczestników. Koła organizują również hackatony we współpracy z firmami lub we współpracy z innymi uczelniami. Co roku organizują też konferencję studencką DwuMian cieszącą się dużym zainteresowaniem wśród studentów matematyki i informatyki na wielu polskich uczelniach.

Obszar 7: Organizacja konferencji, meetupów, warsztatów, konkursów

Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej od wielu lat angażuje się aktywnie w wydarzenia mające na celu promocję działalności naukowej oraz współpracę z pracodawcami. Wydział MiNI PW jest dorocznie współorganizatorem wydarzeń o krajowymi i międzynarodowym zasięgu, takich jak:

- *Data Science Summit* – wysokiej jakości, dużej skali konferencja popularyzująca najnowsze rozwiązania w obszarze Data Science połączona ze stoiskami Partnerów (Data Science Expo), elementami rekrutacyjnymi oraz inicjatywami towarzyszącymi. Dzięki szczegółowemu podziałowi tematycznemu, wydarzenie adresuje zainteresowania szerokiego grona uczestników z obszaru data science. 11 ścieżek tematycznych, ok. 120 wystąpień, kilkanaście paneli dyskusyjnych oraz typu „Q&A”, targi pracy z ok. 30 pracodawcami. W 2020 roku w konferencji (w wersji online) wzięło udział ponad **2500 uczestników**.

- *Targi Pracy IT PW* – to projekt organizowany co semestr już od ponad 12 lat, będący największym wydarzeniem o charakterze rekrutacyjnym skierowanym do studentów związanych z kierunkami z obszarów informatyki, analizy danych, matematyki, czy metod ilościowych. Angażuje całe środowisko IT / data science uczelni – jej władze, biuro karier, samorząd studencki, koła naukowe, społeczność naukową. Pojedyncza edycja to około 50 wystawców i aż do **3500 osób** odwiedzających – studentów uczelni. W trakcie wydarzenia zwyczajowo odbywa się również spotkanie Władz Wydziału z zaproszonymi przedstawicielami pracodawców. Spotkanie to ma na celu dyskusję na temat aktualnego stanu rynku pracy i oczekiwań pracodawców względem programów kształcenia. Często rozmowy te są dalej pogłębiane na kolejnych, bardziej bezpośrednich spotkaniach.
- *Warszawskie Dni Informatyki* – to największa (popularyzacyjna) konferencja IT w Europie Środkowo-Wschodniej złożona z prezentacji, paneli dyskusyjnych, konsultacji z ekspertami i praktycznych warsztatów oraz Giełdy Pracy IT. Wydarzenie wyrosło z inicjatywy studentów i Władz Wydziału. Ponad **10 000 uczestników** co roku ma do wyboru ponad 200 prelekcji i warsztatów podzielonych na 20 ścieżek tematycznych oraz ponad 60 pracodawców z całego świata w ramach Giełdy Pracy IT. W ciągu minionych 12 lat, projekt zyskał wiele nagród oraz słów uznania ze strony licznych organizacji branżowych takich jak Polskie Towarzystwo Informatyczne, Polska Izba Informatyki i Telekomunikacji, czy ISACA.
- *Data Science Warsaw Meetup* to największa społeczność data science w Polsce, z siedzibą w Warszawie. Od 2014 roku organizuje regularne spotkania służące wymianie myśli i wiedzy na temat data science, inżynierii danych i tzw. sztucznej inteligencji. Do początku pandemii COVID-19 zorganizowaliśmy 50 spotkań, w których zazwyczaj brało udział **180-250 osób**. Od połowy 2017 roku spotkania odbywają się na Wydziale MINI Politechniki Warszawskiej, który jest Partnerem Meetupu. Zazwyczaj spotkania składają się z 2-3 prelekcji, dyskusji oraz części networkingowej. Poruszane tematy związane są przede wszystkim z uczeniem maszynowym, w tym przetwarzaniem języka naturalnego, wizją komputerową, uczeniem głębokim i uczeniem ze wzmocnieniem, ale także analityką predykcyjną i preskryptywną, modelami rekomendacyjnymi, optymalizacją oraz inne zagadnienia związane z narzędziami, technologiami oraz możliwościami biznesowymi związanymi ze zbieraniem, przetwarzaniem i wizualizacją danych.

Obszar 8: Inicjatywy badawcze związane z pandemią Covid

Obok systematycznie prowadzonej współpracy z otoczeniem gospodarczym, pracownicy Wydziału chętnie i czynnie angażują się w społecznie ważne inicjatywy. Przykładem jest zaangażowanie grup badawczych z Wydziału MiNI w rozmaite inicjatywy mające na celu walkę z pandemią Covid.

- Budowa i utrzymanie mapy <https://monitor.mi2.ai/> ewolucji wirusa SARS-COV-2 w Polsce i innych krajach. Mapa jest codziennie aktualizowana i prezentowana na spotkaniach roboczych prowadzonych wspólnie z Państwowym Zakładem Higieny i Ministerstwem Zdrowia.
- Budowa i utrzymanie kalkulatora ryzyka ciężkiego przebiegu choroby Covid <https://crs19.pl/>. Kalkulator wykorzystuje autorskie technologie budowy i wyjaśniania modeli predykcyjnych, jest wymieniony wśród produktów AI na stronie Land of IT Masters <https://hub.landofitmasters.pl/>, był przedstawiany w telewizji o zasięgu ogólnopolskich (TVN), polskich i zagranicznych mediach (Die Welt).
- Ciągła współpraca z Uniwersytetem Medycznym w Białymstoku przy monitorowaniu wariantów wirusa SARS-COV-2 na terenie Polski. Zespół jako pierwszy wykrył pierwszy przypadek wariantu Beta na terytorium Polski.
- Opracowanie rekomendacji zespołu epidemiologii obliczeniowej na rok 2021 <https://quovadis.crs19.pl>.
- Współpraca z zespołem MOCOS (MOdelling Coronavirus Spread) prowadzonego przez prof. Tyllę Krugera przy prognozowaniu rozwoju epidemii wirusa.

6.2. Monitorowanie i doskonalenie współpracy

Działanie 1: Panel pracodawców

Głównym działaniem mającym na celu monitorowanie współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym jest panel pracodawców, którego celem jest diagnoza potrzeb i oczekiwań pracodawców i instytucji współpracujących z PW odnośnie do wybranych programów kształcenia oraz preferowanych form współpracy z Wydziałem. Cele szczegółowe prowadzenia panelu pracodawców to:

- Diagnoza potrzeb i oczekiwań pracodawców i instytucji współpracujących z PW odnośnie do programu kształcenia w zakresie danego kierunku.
- Zweryfikowanie kluczowych kompetencji absolwentów w opinii pracodawców na podstawie modeli kompetencji dla różnych rodzajów pracy w zakresie danego kierunku: dla pracownika na stanowisku specjalistycznym oraz dla pracownika pełniącego funkcję kierowniczą.
- Diagnoza potrzeb i oczekiwań pracodawców i instytucji współpracujących z PW odnośnie do preferowanych form współpracy (pracodawca – Wydział) w zakresie danego kierunku.
- Mapowanie wiodących kierunków B+R oraz preferowanych branż do współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym w zakresie danego kierunku.

Badanie realizowane jest metodą jakościową z wykorzystaniem techniki grupowego wywiadu w formie panelu eksperckiego, tj. moderowanej dyskusji przebiegającej według scenariusza złożonego głównie z pytań otwartych. Narzędzie badawcze w formie ustrukturyzowanego scenariusza modułowego obejmowało pytania wynikające z celów szczegółowych.

W ramach panelu udział biorą przedstawiciele rady pracodawców Wydziału MiNI, na którą składają się przedstawiciele instytutów badawczych, uczelni wyższych i firm. Raport z ostatniego Panelu Pracodawców znajduje się w Załączniku 2.8.

Działanie 2: Prace Komisji Programowej dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych

W skład komisji programowej wchodzi przedstawiciele otoczenia społeczno-gospodarczego, w tym pani Zofia Karlikowska-Redzisz – Technology Director, PwC oraz dr Jarosław Legierski Expert R&D at Orange Labs. Cykliczne spotkania komisji programowej mają na celu konstrukcję, monitorowanie oraz doskonalenie programu studiów. W pracach Komisji uczestniczą również studenci, absolwenci i doktoranci.

Działanie 3: Monitorowanie opinii pracodawców w programie praktyk studenckich

Przy realizacji praktyk zawodowych, które są bardzo istotnym elementem procesu kształcenia na studiach I st., Wydział współpracuje z wieloma przedstawicielami otoczenia społeczno-gospodarczego. W odpowiedzi na oczekiwania otoczenia społeczno-gospodarczego Wydziału, w ramach współpracy z pracodawcami w zakresie przekazywania przez nich wiedzy eksperckiej, zorganizowano w ramach cyklu „Spotkania z Pracodawcą” prezentacje i warsztaty, przeznaczone przede wszystkim dla studentów trzeciego roku studiów pierwszego stopnia oraz studentów studiów drugiego stopnia. Praktyki realizowane są w ramach zatwierdzonego planu praktyk. Po zakończeniu praktyk pracodawcy wypełniają ankietę oceniającą przygotowanie studenta do praktyk. Wyniki tych ankiet są analizowane pod kątem przygotowania studentów jak również możliwości udoskonalenia programu studiów.

Działanie 4: Rozmowy prowadzone w ramach cyklicznych konferencji i warsztatów

W ramach organizacji konferencji, warsztatów oraz spotkań typu meetup, Wydział MiNI PW współpracuje z pracodawcami podczas części targowej organizowanych wydarzeń, na co składają się między innymi:

- spotkania z potencjalnymi pracodawcami – realizowane zarówno w formule umówionych konsultacji 1:1, jak i spontanicznych rozmów z rekruterami przy stoiskach wystawienniczych – co rozwija umiejętności miękkie kandydatów, ich podejście do różnych form rekrutacji, a także uczy zarządzania swoim czasem

- udział w części targowej pozwala studentom na lepsze poznanie rynku pracy, panujących na nim zasad oraz możliwości rekrutacyjnych. Kandydaci mają dostęp do aktualnych ofert rekrutacyjnych oraz potrzeb pracodawców. Wyżej wymienione spotkania i konsultacje pozwalają na jeszcze lepszy wgląd w kształt obecnego rynku pracy
- Studenci także inicjują oraz angażują się w dyskusje na temat planów i dopasowania oferty kształcenia. Dzięki temu studenci mogą mieć realny wpływ na program studiów, który dzięki temu staje się bardziej dopasowany do rynku pracy oraz panujących na nim warunków. Studenci są bardziej świadomi tego, co czeka ich po zakończeniu edukacji, a dzięki temu lepiej przygotowani i bardziej atrakcyjni dla pracodawców.

Kryterium 7. Warunki i sposoby podnoszenia stopnia umiędzynarodowienia procesu kształcenia na kierunku

7.1 Rola umiędzynarodowienia procesu kształcenia

Umiędzynarodowienie procesu kształcenia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych / *Data Science* odgrywa istotną rolę w planach rozwoju zarówno Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych, jak i Politechniki Warszawskiej. Zauważmy, że podnoszenie poziomu umiędzynarodowienia jest jednym z celów Strategii Rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2030 jako uczelni europejskiej, wnoszącej istotny wkład w rozwój europejskiej nauki i szkolnictwa wyższego. Jest to tym bardziej istotne na kierunku Inżynieria i Analiza Danych (Data Science) ze względu na wyjątkową specyfikę tego obszaru.

Od samego początku celem programu studiów I st. kierunku Inżynieria i Analiza Danych było zarówno kształcenie studentów zgodnie ze standardami najlepszych uczelni światowych, jak i przygotowanie absolwentów do pracy na międzynarodowych rynkach pracy. Wymiernym efektem starań Wydziału w tej kwestii jest także podnoszenie poziomu współpracy międzynarodowej, zarówno w kwestii działalności naukowej jak i dydaktycznej pracowników Wydziału.

Wydział może pochwalić się bardzo dobrze rozwiniętą współpracą międzynarodową zarówno w zakresie badawczym jak i dydaktycznym. W ramach programu ERASMUS+ studentom, w tym studentom kierunku Inżynieria i Analiza Danych, są oferowane miejsca na 40 uczelniach europejskich i nie tylko. Pełny wykaz instytucji współpracujących z Wydziałem w ramach tego programu zawiera tabela 1.

Lp.	Kod ERASMUS partnera	Nazwa uczelni partnerskiej	Kraj
1.	A LINZ01	Johannes Kepler Universität Linz	Austria
2.	A SALZBUR08	Fachhochschule Salzburg	Austria
3.	B ANTWERP01	Universiteit Antwerpen	Belgia
4.	B LEUVEN01	Katholieke Universiteit Leuven	Belgia
5.	BG SHOUMEN01	Shoumen University "Konstantin Preslavski"	Bułgaria
6.	CY NICOSIA14	University of Nicosia	Cypr
7.	CZ PLZEN01	University of West Bohemia in Pilsen	Czechy
8.	CZ PRAHA02	Czech University of Life Sciences	Czechy
9.	DK LYNGBY01	DTU - Technical University of Denmark	Dania
10.	F ALES02	Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Ales	Francja
11.	F BORDEAU01	Université Bordeaux I	Francja
12.	F ORLEANS01	Université d'Orléans	Francja
13.	F PARIS007	Université Denis Diderot (Paris VII)	Francja
14.	E BARCELO01	Universitat de Barcelona	Hiszpania
15.	E BARCELO03	Universitat Politècnica de Catalunya	Hiszpania
16.	E BURGOS01	Universidad de Burgos	Hiszpania
17.	E MADRID04	Universidad Autónoma de Madrid	Hiszpania
18.	NL AMSTERD05	Hogeschool van Amsterdam	Holandia
19.	LT VILNIUS01	Vilniaus Universitetas	Litwa
20.	D COTTBUS03	Brandenburgische Technische Universität Cottbus	Niemcy
21.	D WURZBUR01	Julius-Maximilians-Universität, Würzburg	Niemcy
22.	D CHEMNIT01	Technische Universität Chemnitz	Niemcy
23.	D HEIDELB01	Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg	Niemcy
24.	D ULM01	Universität Ulm	Niemcy

Lp.	Kod ERASMUS partnera	Nazwa uczelni partnerskiej	Kraj
25.	RO CLUJNAP01	Universitatea Babes Bolyai din Cluj-Napoca	Rumunia
26.	RS NIS01	University of Nis	Serbia
27.	SK ZILINA01	University of Zilina	Słowacja
28.	S STOCKHO04	Kungl Tekniska Högskolan	Szwecja
29.	TR ESKISEH01	Anadolu University	Turcja
30.	I PERUGIA01	The University of Perugia	Włochy
31.	I ROMA02	Universita degli Studi di Roma "Tor Vergata"	Włochy
32.	I TRENTO01	Universita degli Studi di Trento	Włochy

Tabela 1: Wykaz uczelni partnerskich, z którymi Wydział ma podpisaną umowę w ramach programu ERASMUS+.

Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych jest zaangażowany w prace dotyczące projektu ENHANCE. Konsorcjum ENHANCE składa się z 7 czołowych europejskich uczelni technicznych:

- Politechniki w Berlinie
- RWTH w Aachen
- Uniwersytetu Technicznego Chalmersa w Göteborgu
- Norweskiego Uniwersytetu Naukowo-Technicznego w Trondheim
- Politechniki w Mediolanie
- Politechniki w Walencji
- Politechniki Warszawskiej.

Celem projektu jest systemowa, strukturalna i trwała współpraca między uczelniami konsorcjum, która doprowadzi do wypracowania nowych rozwiązań wykraczających poza dotychczasowe modele współpracy. Na uczelniach konsorcjum kształci się łącznie 245 000 studentów. Zatrudniają one ponad 41 300 pracowników. W ciągu ostatnich 5 lat w różnych programach wymiany między uczelniami ENHANCE wzięło udział 4400 pracowników i studentów tych uczelni. Partnerzy uzyskali łącznie ponad 4 050 patentów. Cele szczegółowe, które przyjęły uczelnie ENHANCE, obejmują:

- wprowadzenie na szeroką skalę innowacyjnych metod kształcenia
- ułatwienie studentom wyboru przedmiotów z oferty uczelni partnerskich
- stworzenie systemu ułatwiającego mobilność społeczności akademickiej oraz
- ograniczenie barier biurokratycznych.

Uczelnie biorące udział w projekcie podejmą współpracę z partnerami stowarzyszonymi – przedsiębiorstwami, urzędami miast, organizacjami studenckimi, sieciami badawczymi, fundacjami i organizacjami non-profit.

Wagę współpracy międzynarodowej doskonale widać na przykładzie realizowanych prac dyplomowych, które coraz częściej są tworzone we współpracy z zagranicznymi instytucjami badawczymi: np. University of Waikato (Nowa Zelandia), Nanyang Technological University, Denmark Technical University, NTU (Singapur).

Podnoszenie umiędzynarodowienia wiąże się także z rozwojem kadry dydaktyczno-naukowej. Wydział może pochwalić się 145 wyjazdami zagranicznymi swoich pracowników oraz 107 wizytami zagranicznych gości.

7.2 Aspekty programu studiów sprzyjające umiędzynarodowieniu kształcenia

W chwili obecnej językiem wykładowym na kierunku Inżynieria i Analiza Danych na studiach pierwszego stopnia jest język polski. Studenci mogą korzystać z oferty przedmiotów obieralnych dostępnych także w języku angielskim oferowanych dla kierunku Computer Science and Information Systems. Ze względu na prowadzone na Wydziale studia Computer Science and Information Systems w języku ang. studenci mają bezpośrednią możliwość nawiązywania kontaktu z licznymi na Wydziale

studentami nieposługującymi się językiem polskim m.in. w trakcie wydarzeń wydziałowych. Literatura uzupełniająca wielu przedmiotów obowiązkowych i obieralnych uwzględnia zarówno polskie pozycje, jak i najważniejsze publikacje w j. angielskim. Od początku studiów I st. studenci są przygotowani by swobodnie korzystać z obcojęzycznych źródeł, dokumentacji programów i pakietów w j. angielskim.

Od roku akademickiego 2020/2021 językiem wykładowym na studiach drugiego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych jest język angielski. W ramach zadania nr 10 „Przygotowanie i uruchomienie nowego kierunku studiów na studiach II stopnia - Inżynieria i Analiza Danych (IAD)” projektu „NERW PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca” opracowano program nauczania, przygotowano zarówno przedmioty obowiązkowe jak i obieralne dostosowane do nowych założeń (m.in. opracowane zostały materiały w języku angielskim).

Zarówno program studiów pierwszego, jak i drugiego stopnia IAD został stworzony z wykorzystaniem m.in. wniosków z analizy analogicznych programów światowych ośrodków. Finalny kształt programu studiów drugiego stopnia uwzględnia również wnioski z analizy tworzonych równolegle założeń dla międzynarodowych standardów nauczania na poziomie magisterskim w dziedzinie Data Science. W szczególności, w ramach przygotowania oferty studiów podjęto współpracę z Big Data Value Association (BDVA) – kluczowym partnerem eksperckim Komisji Europejskiej, współtworzącym m.in. założenia zasad finansowania przez Unię Europejską projektów badawczych w obszarze analizy danych, w tym analizy danych wielkoskalowych. Efektem tej współpracy było m.in. uwzględnienie w planowaniu programu studiów drugiego stopnia IAD równolegle rozwijanych przez BDVA standardów nauczania w obszarze Data Science. Ponadto, program studiów drugiego stopnia Data Science jako jedyny kierunek studiów magisterskich w Polsce został już w 2018 roku umieszczony w europejskim wykazie programów magisterskich Big Data prowadzonym przez Big Data Value Association i pozostaje (stan na 3.12.2021) jedynym programem z Polski w tym wykazie. Obecność studiów drugiego stopnia Data Science w tym wykazie obok programów studiów np. oferowanych przez University of Amsterdam ułatwia pozyskiwanie kandydatów spoza Polski.

Zmiana języka wykładowego na język angielski wiąże się z udostępnieniem studentom dokumentacji wydziałowej (w tym formularze wniosków, podań, zgłoszeń) w dwóch wersjach językowych: polskiej i angielskiej. W przypadku studiów drugiego stopnia cały proces dyplomowania przeprowadzony jest w języku angielskim. Także na studiach pierwszego stopnia zarówno praca inżynierska jak i proces dyplomowania może zostać na wniosek studenta przeprowadzony w języku angielskim. Rekrutacja na studia drugiego stopnia Data Science, prowadzona we współpracy z Centrum Współpracy Międzynarodowej PW, odbywa się w języku angielskim – zarówno dla obywateli Polski, jak i dla studentów zagranicznych. Zarówno kadra dydaktyczna jak i administracyjna posługuje się językiem angielskim.

7.3 Stopień przygotowania studentów do uczenia się w językach obcych i sposoby weryfikacji osiągnięcia przez studentów wymaganych kompetencji językowych

Przygotowaniem studentów do uczenia się w językach obcych, a co za tym idzie sposobami weryfikacji osiągnięcia przez studentów wymaganych kompetencji językowych zajmuje się Studium Języków Obcych Politechniki Warszawskiej. Program studiów inżynierskich przewiduje realizację dwóch kursów semestralnych oferowanych przez Studium Języków Obcych PW. Ostatecznie w celu ukończenia programu studenci muszą wykazać się znajomością wybranego języka nowożytnego na poziomie B2. Warto zauważyć, że często studenci wybierają właśnie język angielski. Co więcej, wielu studentów posiada już certyfikat językowy z języka angielskiego przed rozpoczęciem studiów.

Od wszystkich kandydatów na studia drugiego stopnia w języku angielskim wymagane są certyfikaty językowe według wymagań ustawowych. Co więcej, w trakcie trwania programu student musi uzyskać certyfikat potwierdzający znajomość języka angielskiego na poziomie C1. Wydział zapewnia możliwość

bezpłatnego uczestnictwa w kursie prowadzonym przez Studium Języków Obcych przygotowującego do takiego egzaminu.

7.4 Skala i zasięg mobilności i wymiany międzynarodowej studentów i kadry

Mobilność studentów wynika głównie z udziału w programie ERASMUS+. Od 2017 roku (czyli od uruchomienia studiów pierwszego stopnia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych skorzystało 10 osób: 6 osób w ramach studiów drugiego stopnia oraz 4 osoby w ramach studiów pierwszego stopnia. Szczegółowy wykaz wyjazdów znajduje się poniżej. Zwróćmy uwagę, że ze względu na ograniczenia wynikające z pandemii koronawirusa SARS-CoV-19 większość wyjazdów w roku akademickim 2020/2021 nie mogła zostać zrealizowana.

1. Rok akademicki 2018/2019
 - a. I st, NL AMSTERD05, Hogeschool van Amsterdam, Holandia, semestr letni
2. Rok akademicki 2019/2020
 - a. II st, E BARCELO01, Universitat de Barcelona, Hiszpania, semestr zimowy
 - b. II st, E BARCELO03, Universitat Politecnica de Catalunya, Hiszpania, semestr zimowy
 - c. II st, E BARCELO03, Universitat Politecnica de Catalunya, Hiszpania, semestr zimowy
 - d. II st, B LEUVEN01, Katholieke Universiteit Leuven, Belgia, semestr zimowy
3. Rok akademicki 2020/2021¹
 - a. II st, E BARCELO01, Universitat de Barcelona, semestr zimowy
4. Rok akademicki 2021/2022²
 - a. I st, A LINZ01, Johannes Kepler Universität Linz, Austria, semestr zimowy
 - b. II st, DK LYNGBY01, DTU-Technical University of Denmark, Dania, semestr letni
 - c. I st, DK LYNGBY01, DTU-Technical University of Denmark, Dania, semestr zimowy
 - d. I st, D HEIDELB01, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, semestr letni

Mobilność pracowników Wydziału, w tym osób biorących udział w kształceniu na kierunku Inżynieria i Analiza Danych, jest na bardzo wysokim poziomie. Tabela 2 podsumowuje zarówno liczbę wyjazdów i staży pracowników w zagranicznych instytucjach naukowych jak i liczbę wizyt zagranicznych gości w latach 2017-2020. Warto podkreślić, że od 2017 roku pracownicy Wydziału współpracowali z ponad setką zagranicznych ośrodków naukowych.

Rok	2017	2018	2019	2020
Liczba staży i wyjazdów zagranicznych	47	44	39	15
Liczba wizyt gości zagranicznych	28	40	32	7

Tabela 2: Wymiana międzynarodowa (bez konferencji) w latach 2017-2020.

W ciągu ostatnich pięciu lat długoterminowe wyjazdy naukowe odbyli (lub są w trakcie) m.in. prof. Dariusz Plewczyński (Stany Zjednoczone, Indie), Marek Gągolewski (Australia). Krótkoterminowe wizyty naukowe odbyli m.in. dr hab. Maria Ganzha (Japonia, Indie), dr inż. Marcin Luckner (Czechy), dr hab. inż. Przemysław Biecek (Belgia, Hiszpania), dr inż. Anna Wróblewska (Hiszpania, Singapur), prof. Jacek Mańdziuk (Stany Zjednoczone), dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska (Belgia, Czechy, Hiszpania, Włochy), dr hab. inż. Maciej Grzenda (Hiszpania), dr Bartosz Kołodziejek (Japonia).

W latach 2019 i 2020 dwoje pracowników Wydziału: dr hab. inż. Jerzy Balicki, prof. ucz. (Litwa, Wilno, Vilniaus Universitetas) oraz dr inż. Anna Wróblewska (Hiszpania, Barcelona, IESE Business School Barcelona) wzięli udział w stażu dydaktycznym w ramach 45. projektu NERW PW.

Pracownicy biorący czynny udział w kształceniu studentów IAD mogą także pochwalić się międzynarodowymi projektami badawczymi, tj.:

1. *VaVel – Variety, Veracity, VaLue: Handling The Multiplicity of Urban Sensors* – projekt europejski w ramach konkursu HORYZONT 2020 H2020-ICT-2015, czas realizacji 01.12.2015 – 30.11.2018 (M. Grzenda, M. Luckner).
2. *Machine Learning-based systems for the automation of systematic literature reviews in food safety domain*, instytucja realizująca: Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych PW (R. Pytlak).
3. *Co-designing inclusive mobility*, instytucja realizująca: Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych PW (M. Grzenda).

Wielu pracowników Wydziału związanych z obszarami *Data Science* (np. uczenia maszynowego, informatyki, statystyki) jest zaangażowanych w działalność prestiżowych, międzynarodowych instytucji naukowych (zob. tabela 3) oraz w komitetach redakcyjnych czasopism punktowanych o zasięgu międzynarodowym, m.in. dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska pełni rolę Associate Editor w *Applied Soft Computing* (200 pkt.), prof. dr hab. inż. Jacek Mańdziuk – Associate Editor w *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* (200 pkt.), dr hab. Inż. Maria Ganzha jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Journal of Network and Computer Applications* (140 pkt.).

Nazwisko	Funkcja	Organizacja
Macukow Bohdan	Członek nadzwyczajny	SEFI Societe Europeenne pour la Formation des Ingeneurs
Mańdziuk Jacek	Członek rzeczywisty	IEEE Computational Intelligence Society Games Technical Committee
Mańdziuk Jacek	Członek rzeczywisty	IEEE Computational Intelligence Society Intelligent Systems Applications Technical Committee
Mańdziuk Jacek	Członek rzeczywisty	Lifeboat Foundation Robotics/AI Advisory Board
Mańdziuk Jacek	Przewodniczący/a	IEEE Emergent Technology Technical Committee Task Force on “Towards Human-like Intelligence”
Mańdziuk Jacek	Członek rzeczywisty	IEEE Computational Intelligence Society Emergent Technologies Technical Committee
Mielniczuk Jan	Przedstawiciel Polski w European Regional Comittee	Bernoulli Society
Plewczyński Dariusz	Członek czynny	ISMB International Society for Molecular Biology

Tabela 3: Działalność w międzynarodowych instytucjach naukowych kadry kształcącej na kierunku Inżynieria i Analiza Danych w latach 2017-2020.

Warto odnotować, że współpraca międzynarodowa prowadzona przez kadrę kształcącą na kierunku Inżynieria i Analiza Danych / *Data Science* znajduje swoje odzwierciedlenie także w procesie dydaktycznym. Jest to wyjątkowo widoczne na przykładzie prac dyplomowych: 2 prace inżynierskie oraz 6 prac magisterskich zostało zgłoszonych we współpracy z zagranicznymi ośrodkami naukowymi takim jak np. University of Waikato (Nowa Zelandia), Nanyang Technological University, Denmark Technical University, NTU (Singapur).

7.5 Udział wykładowców z zagranicy w prowadzeniu zajęć na ocenianym kierunku

Wydział zapewnia studentom kierunku Inżynieria i Analiza Danych (pierwszego oraz drugiego stopnia) możliwość uczestnictwa w otwartych wykładach prowadzonych przez zaproszonych gości – wykładowców i naukowców z zagranicy (np. w roku 2020 w ramach cyklicznych spotkań *Kolokwium Wydziałowe* prof. Tyll Krueger – założyciel międzynarodowego zespołu *MOdeling COronavirus Spread* (MOCOS.pl) opracowujący prognozy rozwoju epidemii dla Polski i Niemiec wygłosił wykład *Predictiong*

the unpredictable: mathematical models and the COVID 19 pandemic) oraz seminariach w obszarze *Data Science*; np.:

- Nicholas Spyridon (Melbourne University), *Multivariate data vis, Linear projections, and their application to local explanations of models*, 2021-10-11
- Farah Shamout (New York University), *MI2 responsible AI talks – An artificial intelligence system for predicting the deterioration of COVID-19 patients in the emergency department*, 2021-06-17
- Mustafa Cauvus (Eskisehir Technical University), *The deriving of a computational approach test for testing equality of several populations' means in the presence of nuisance parameter*, 2021-05-17
- Marius Lindauer (Leibniz Universität Hannover), *Towards Explainable AutoML: xAutoML*, 2021-04-26

Dodatkowo, wizyty zaproszonych gości – specjalistów różnych dziedzin powiązanych z Data Science – na Wydziale MINI bardzo często uwzględniają organizację otwartych spotkań: seminariów i konsultacji dostępnych zarówno dla pracowników, jak i dla studentów. Wykaz wizyt zaproszonych gości od 2017 roku uwzględnia Tabela 4.

Lp.	Imię i nazwisko	Kraj	Instytucja	Termin
1.	Peter Giblin	W. Brytania	University of Liverpool	2017-05-13 do 2017-05-23
2.	Witold Pedrycz	Kanada	University of Alberta	2017-05-15 do 2017-05-31
3.	Leon van Wyk	Republika Południowej Afryki	Stellenbosch University	2017-05-16 do 2017-05-30
4.	David Lightfoot	Wielka Brytania	Oxford Brookes University, Oxford, UK	2017-06-12 do 2017-06-16
5.	Grzegorz Rempała	USA	Ohio State University	2017-07-03 do 2017-07-07
6.	Ishi Hideyuki	Japonia	Nagoya University	2017-11-09 do 2017-11-13
1.	Helene Massam	Kanada	York University	2018-01-10 do 2018-01-15
2.	Maxime Fevrier	Francja	Universite de Paris-Sud	2018-01-18 do 2018-01-25
3.	Franz Lehner	Austria	Graz University of Technology	2018-02-05 do 2018-05-10
4.	Alexandru Nica	Kanada	University of Waterloo	2018-02-19 do 2018-02-28
5.	Raul Perez-Fernandez	Belgia	Ghent University	2018-03-23 do 2018-04-08
6.	Xavier Bellekens	Wielka Brytania	Albertay University	2018-04-12 do 2018-04-13
7.	Tomasz Brzeziński	Wielka Brytania	Swansea University	2018-04-16 do 2018-04-16
8.	Witold Pedrycz	Kanada	University of Alberta	2018-05-15 do 2018-05-21
9.	Leon van Wyk	Republika Południowej Afryki	Stellenbosch University	2018-05-17 do 2018-05-30

Lp.	Imię i nazwisko	Kraj	Instytucja	Termin
10.	Fusheng Yu	Chiny	Beijing Normal University	2018-06-30 do 2018-07-16
11.	Simon James	Australia	Deakin University	2018-07-07 do 2018-08-04
12.	Rafael Casellas	Stany Zjednoczone	National Institute of Health	2018-09-14 do 2018-09-16
13.	Yijun Ruan	Stany Zjednoczone	Jackson Laboratory for Genomic Medicine	2018-09-14 do 2018-09-16
14.	Charalampos Spilianakis	Grecja	Foundation for Research & Technology	2018-09-14 do 2018-09-16
15.	Tomas Masarik	Czechy	Charles University	2018-11-26 do 2018-12-02
16.	Saulius Gudas	Litwa	Vilnius University	2018-12-12 do 2018-12-15
17.	Christiana Drake	Stany Zjednoczone	University of California	2019-01-04 do 2019-01-04
18.	Nuria Fagella	Hiszpania	Universitat de Barcelona	2019-01-09 do 2019-01-16
19.	Xavier Jarque	Hiszpania	Universitat de Barcelona	2019-01-09 do 2019-01-16
20.	Franz Lehner	Austria	Graz University of Technology	2019-02-05 do 2019-02-10
21.	Hiroshi Teramoto	Japonia	Hokkaido University	2019-02-10 do 2019-02-17
22.	Peter Giblin	Wielka Brytania	Liverpool University	2019-03-06 do 2019-03-19
23.	Denis Trcek	Słowenia	University of Ljubljana	2019-04-02 do 2019-04-20
24.	Gonzalo Napoles	Belgia	Hasselt University	2019-04-14 do 2019-04-17
25.	Jazib H. Ahmed	Kanada	Fanxchange	2019-05-05 do 2019-05-06
26.	Ejaz Ahmed	Kanada	Brock University	2019-05-05 do 2019-05-06
27.	Takahiro Hasebe	Japonia	Hokkaido University	2019-05-13 do 2019-05-22
28.	Witold Pedrycz	Kanada	University of Alberta	2019-05-28 do 2019-06-03
29.	Fernando Lopez-Blazquez	Hiszpania	Universidad de Sevilla	2019-06-01 do 2019-06-08
30.	Grzegorz Rempała	Stany Zjednoczone		2019-06-10 do 2019-06-14
31.	Amiram Moshaiov	Izrael	Tel Aviv University	2019-10-02 do 2019-10-05
32.	Stanislav Jendrol	Słowacja	Pavol Jozef Safarik University	2019-10-07 do 2019-10-11
33.	Michael Mayer	Szwajcaria	University of Bern	od 2020-01-15 do 2020-01-17

Lp.	Imię i nazwisko	Kraj	Instytucja	Termin
34.	Hiroshi Teramoto	Japonia	Hokkaido University	od 2020-02-10 do 2020-02-15
35.	Xiaolin Zeng	Francja	Universite de Strasbourg	od 2020-02-25 do 2020-03-01

Tabela 4: Wizyty gości zagranicznych na Wydziale MINI w latach 2017-2020 związane z obszarem Data Science.

7.6 Monitorowanie i ocena umiędzynarodowienia procesu kształcenia

Monitorowanie i ocena umiędzynarodowienia procesu kształcenia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych wynika bezpośrednio z procedur wewnętrznych Politechniki Warszawskiej dotyczących procesu oceny zajęć dydaktycznych. Zarówno w przypadku studiów polskojęzycznych (pierwszego stopnia), jak i angielskojęzycznych (drugiego stopnia) metody oraz zakres oceny nie różni się. W obu przypadkach obejmuje on ankietyzację zajęć przez studentów. Wyniki są analizowane przez Władze Wydziału. Proces umiędzynarodowienia jest także przedmiotem dyskusji i oceny Komisji Programowej dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych. Pierwsze w nowym roku akademickim spotkanie uwzględnia szczegółowe omówienie przebiegu procesu rekrutacji (zarówno dla obywateli UE jak i kandydatów zagranicznych) oraz jej wyników. Wyniki dyskusji są wykorzystywane w procesie udoskonalenia procesu rekrutacji (doskonałym tego przykładem jest modyfikacja procesu rekrutacji na studia drugiego stopnia z 2020 polegająca na doprecyzowaniu zarówno formy egzaminów, jak i obowiązującego materiału).

Ocena okresowa nauczycieli akademickich uwzględnia wyjazdy pracowników zarówno w ramach współpracy naukowej jak i dydaktycznej. Premiowany jest udział pracowników w konferencjach międzynarodowych.

Pełnomocnik Dziekana ds. Studenckich Programów Międzynarodowych raportuje Dziekanowi liczbę wyjazdów i przyjazdów studentów w ramach wymiany międzynarodowej. Zestawienie to jest przedstawiane Radzie Wydziału w ramach corocznego sprawozdania dziekana.

Kryterium 8. Wsparcie studentów w uczeniu się, rozwoju społecznym, naukowym lub zawodowym i wejściu na rynek pracy oraz rozwój i doskonalenie form wsparcia

8.1. Systemy wspierania różnych grup studentów, w tym studentów z niepełnosprawnością

Na Wydziale i Uczelni funkcjonują systemy wspierania różnych grup studentów odpowiadające różnym potrzebom: system pomocy materialnej, system wspierania studentów w procesie uczenia się, system wspierania studentów wybitnych i motywowania studentów do osiągania jak najlepszych wyników w nauce.

System pomocy materialnej obejmuje: stypendia socjalne, stypendia dla osób niepełnosprawnych oraz zapomogi, a także stypendia za wyniki w nauce. System ten opiera się na wewnętrznych aktach prawnych i regulaminach przyznawania tej pomocy (*Zarządzenie nr 78/2020 Rektora PW* oraz *Regulamin świadczeń dla studentów i doktorantów Politechniki Warszawskiej* stanowiący załącznik do *Zarządzenia nr 78/2021 Rektora PW*).

System wsparcia w procesie uczenia się obejmuje różne formy pomocy dydaktycznej, motywowanie studentów do osiągania jak najlepszych wyników w nauce, zachęcanie do prowadzenia własnych badań naukowych oraz pomoc w rozwiązywaniu bieżących problemów w czasie odbywania studiów. Studenci niepełnosprawni mogą korzystać dodatkowo ze wsparcia opiekuna wydziałowego, którego zadaniem jest określanie i przedstawianie dziekanowi szczególnych potrzeb studenta w zakresie organizacji i realizacji procesu dydaktycznego, w tym dostosowania warunków odbywania studiów do rodzaju niepełnosprawności. Budynek Wydziału jest w pełni dostosowany do potrzeb osób niepełnosprawnych.

Wspieranie różnorodnej aktywności studentów opiera się częściowo na systemach uczelnianych. W Politechnice Warszawskiej funkcjonuje Biuro Karier, które przekazuje informacje o praktykach, stażach i wspiera absolwentów w wyborze kariery. Na Uczelni aktywnie działa też Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferu Technologii, które wspiera m.in. powstawanie nowych firm, które tworzą studenci lub absolwenci. Na Wydziale swoją działalność prowadzą koła naukowe i artystyczne, w których studenci mogą rozwijać swoje zainteresowania i pasje.

8.2. Zakres i formy wspierania studentów w procesie uczenia się

Wsparcie studentów w procesie uczenia się polega przede wszystkim na organizowaniu regularnych konsultacji z prowadzącymi zajęcia, umieszczaniu materiałów dydaktycznych na stronach internetowych oraz udostępnianiu sal i laboratoriów do samodzielnej nauki, zwłaszcza w czasie sesji. Studenci są zachęceni do regularnej pracy podczas całego semestru, co znacznie ułatwia osiąganie przez nich efektów uczenia się. Regulaminy większości przedmiotów, przede wszystkim na studiach pierwszego stopnia, są skonstruowane w taki sposób, aby ocena końcowa z przedmiotu uwzględniała nie tylko egzamin, ale także pracę studenta podczas semestru.

Za szczególnie istotne Wydział uznaje wspieranie studentów w pierwszym roku nauki. Podczas pierwszego roku studiów studenci korzystają z pomocy Opiekuna I roku – wyznaczonego pracownika naukowo-dydaktycznego lub dydaktycznego. Do zadań Opiekuna należy między innymi monitorowanie procesu dydaktycznego oraz organizowanie regularnych spotkań ze starostami grup dotyczących studiowania na pierwszym roku. Studenci mają możliwość zgłaszania skarg i bieżących problemów do Opiekuna, który następnie kontaktuje się bezpośrednio z prowadzącymi zajęcia lub z władzami dziekańskimi. Studenci rozpoczynający naukę na Wydziale MiNI zapraszani są na organizowany przez Wydziałową Radę Samorządu Studentów (WRS) Obóz Zerowy nazywany Miniówką, którego celem jest integracja studentów jeszcze przed rozpoczęciem zajęć.

Ważnym elementem systemu wsparcia w procesie uczenia się są dobre relacje łączące kadrę akademicką ze studentami. Wydział umożliwia studentom udział w kształtowaniu oferty dydaktycznej poprzez udział w posiedzeniach Komisji Programowej.

Wsparcie studentów w procesie uczenia się obejmuje także pomoc materialną dla studentów, na którą składają się stypendia socjalne, stypendia za wyniki w nauce i zapomogi, przyznawane zgodnie z *Regulamin świadczeń dla studentów i doktorantów Politechniki Warszawskiej (Zarządzenia nr 78/2020 oraz 78/2021 Rektora PW)* oraz miejsca w domach studenckich Politechniki Warszawskiej które przyznawane są zgodnie z *Regulaminem kwaterowania (Zarządzenie nr 23/2016 Rektora PW)*.

8.3. Formy wspierania mobilności studentów, prowadzenia działalności naukowej i wspierania we wchodzeniu na rynek pracy

Wspieranie międzynarodowej mobilności studentów polega przede wszystkim na umożliwieniu odbywania części studiów (1 lub 2 semestry) za granicą w ramach programu Erasmus+. Po powrocie studenci uzupełniają różnice programowe. W ramach programu Erasmus+ dla studentów kierunku Informatyka i Analiza Danych oferowane są miejsca na następujących uczelniach

- Johannes Kepler Universität Linz
- Fachhochschule Salzburg
- Universiteit Antwerpen
- Katholieke Universiteit Leuven
- University of Nicosia
- University of West Bohemia in Pilsen
- Czech University of Life Sciences
- DTU - Technical University of Denmark
- Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès
- Université Bordeaux I
- Université d'Orléans
- Université Denis Diderot (Paris VII)
- Universitat de Barcelona
- Universitat Politècnica de Catalunya
- Universidad de Burgos
- Universidad Autónoma de Madrid
- Hogeschool van Amsterdam
- Vilniaus Universitetas
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus
- Julius-Maximilians-Universität, Würzburg
- Technische Universität Chemnitz
- Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
- Universität Ulm
- Universitatea Babeş Bolyai din Cluj-Napoca
- University of Nis
- University of Zilina
- Kungl Tekniska Högskolan
- Anadolu University
- The University of Perugia
- Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
- Università degli Studi di Trento
- Shoumen University "Konstantin Preslavski"

Wspieranie prowadzenia badań przez studentów obejmuje angażowanie studentów w prace naukowo-badawcze prowadzone przez pracowników Wydziału, organizację konferencji i warsztatów dla studentów oraz wsparcie udziału studentów w konferencjach naukowych.

Angażowanie studentów kierunku Inżynieria i Analiza Danych oraz Data Science w prace naukowo-badawcze stanowi dla nich motywację do osiągania jak najlepszych wyników w nauce oraz owocuje wspólnymi publikacjami studentów i pracowników Wydziału w czasopismach i materiałach konferencyjnych o międzynarodowym zasięgu. W ciągu ostatnich dwóch lat były to m.in. następujące publikacje:

- Baniecki H., Kretowicz W., Wiśniewski J., Piątyśzek P., Biecek P., dalex: Responsible Machine Learning with Interactive Explainability and Fairness in Python, *Journal of Machine Learning Research*, 22(214) (2021), str. 1 – 7
- Baniecki H., Biecek P., Responsible Prediction Making of COVID-19 Mortality, *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(18):15755–15756, 2021
- Wachulec M., Luckner M., Fault detection of jet engine heat sensor, *Procedia Computer Science*, 192 (2021), str. 844 – 852
- Baniecki H., Biecek P., modelStudio: Interactive Studio with Explanations for ML Predictive Models, *The Journal of Open-Source Software* 4(43) 1798 (2019)
- Burdukiewicz M, Sidorczuk K, Rafacz D, Pietluch F, Chilimoniuk J, Roediger S, Gagat P. Proteomic Screening for Prediction and Design of Antimicrobial Peptides with AmpGram. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21(12)
- Burdukiewicz M, Sidorczuk K, Rafacz D, Pietluch F, Bąkała, Słowik J, Gagat P. CancerGram: An Effective Classifier for Differentiating Anticancer from Antimicrobial Peptides. *Pharmaceutics*. 2020; 12(11).

Studenci biorą też czynny udział w projektach realizowanych przez Ośrodek Badań dla Biznesu.

Wydział wspiera uczestnictwo studentów w konferencjach naukowych. Wybitni studenci uzyskują wsparcie finansowe na wyjazdy na konferencje i warsztaty. W ciągu ostatnich dwóch lat studenci wygłosili m.in. następujące referaty:

- Baniecki H., Manipulating explainability and fairness in machine learning - konferencja ML in PL, 2021
- Baniecki H., Introduction to Responsible Machine Learning – konferencja useR! , 2021
- Baniecki H., Open the Machine Learning Black-Box with modelStudio & Arena - konferencja useR!, 2021
- Szmajdziński S., (IAD) Forester, Students Day MLinPL, 2021
- Baniecki H., What's new in DrWhy.AI? konferencja Why R?, 2020
- Maksymiuk S., Explanation and exploration of machine learning models with R and DALEX eRum 2020 workshop
- Maksymiuk S., Explain Explainable Machine Learning Tools Data Science Summit Conference 2020
- Maksymiuk S., Practical landscape of Explainable Machine Learning in R, konferencja WhyR? 2020 Conference
- Maksymiuk S., Compare predictive models created in different languages with DALEX and friends, konferencja WhyR? 2019.

Studenci mają możliwość rozwijania swoich pasji i zainteresowań poprzez działalność w kołach naukowych. Obecnie na Wydziale swoją działalność prowadzi sześć kół naukowych, z których dwa prowadzą działalność ściśle związaną z analizą danych, są to:

- Koło Naukowe Informatyków, które zajmuje się szeroko pojętym IT, od programowania poprzez data science aż po zarządzanie. Aktualnie członkowie KNI realizują projekt Knotes wykorzystujący Node.js. Koło przy wsparciu Samorządu Studentów Politechniki Warszawskiej oraz Rady Kół Naukowych zorganizowało hackathon Coronathon, a obecnie własną tego typu imprezę – hackathon PiKNiK, w którym wzięło udział 80 studentów.

- Koło Naukowe Data Science, które zrzesza osoby zainteresowane szeroko pojętą analizą danych. Uczestnictwo w działalności Koła umożliwia nabywanie konkretnych umiejętności przydatnych podczas pracy z danymi, poznawanie nowych narzędzi wykorzystywanych w branży, zdobywanie doświadczenia oraz doskonalenie umiejętności miękkich. Działalność Koła obejmuje m.in. organizację cyklu wydarzeń „Data Science Realm” (przy współpracy z firmami: Accenture, PKO Bank Polski, Pandata, QED Software, MI² DataLab, Devoteam), organizację wewnętrznego cyklu szkoleń, organizację hackathonu "StudentsDataHack 2021" przy współpracy z kołem naukowym SGH SKNI oraz organizację warsztatów z Pythona i R dla Data Science – PowerR przy współpracy z Lingaro, MI² DataLab, R-Ladies Warsaw.

Na Wydziale swoją działalność prowadzi także Koło Naukowe Zarządzania Projektami PMArt, które wspiera studentów w zakresie przedsiębiorczości. Ponadto działalność prowadzą Koło Naukowe Matematyków, Koło Naukowe Modelowania Matematycznego, Koło Naukowe Algebraiczno-Kombinatoryczne Koala oraz Koło Naukowe Wirtualnej Rzeczywistości. Studenci mogą rozwijać swoje pasje artystyczne w Kole Artystycznym „Temat”, które przygotowuje między innymi słynne na Politechnice Warszawskiej przedstawienia na Wigilię Wydziałową.

Przygotowanie studentów do wejścia na rynek pracy, w kontekście działań podejmowanych przez Wydział, obejmuje między innymi: organizację panelu pracodawców, zawieranie umów i porozumień z instytucjami finansowymi, badawczymi i organami administracji publicznej, które oferują organizację praktyk i staży odpowiadających profilowi kształcenia. Na Wydziale odbywają się także (obecnie zdalnie) liczne spotkania z pracodawcami, zarówno w ramach zawartych porozumień, jak i z inicjatywy Wydziałowej Rady Samorządu Studentów oraz Kół Naukowych, a celem tych spotkań jest między innymi ukazanie specyfiki pracy w danej instytucji. Organizowane są także spotkania warsztatowo-informacyjne z firmami oferującymi praktyki i staże dla studentów (np. z PricewaterhouseCoopers, z Google, z Rządowym Zespołem Reagowania na Incydenty Komputerowe Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, itp.), a także różnego rodzaju spotkania z pracodawcami (Targi Pracy IT PW, Warszawskie Dni Informatyki).

Ważnym elementem przygotowania studentów do wejścia na rynek pracy są praktyki studenckie. Program studiów pierwszego stopnia przewiduje praktyki w wymiarze minimum 160 godzin (4 tygodnie pracy w pełnym wymiarze godzinowym), które muszą zostać rozliczone do końca 6. semestru studiów.

Studenci mają możliwość wyboru interesującej ich formy praktyk spośród ofert publikowanych na stronie internetowej Biura Karier PW (<https://www.bk.pw.edu.pl/>), rozsyłanych przez Pełnomocnika Dziekana ds. Praktyk Studenckich na studenckie listy mailingowe lub wywieszanych na tablicach ogłoszeń na Wydziale. Szczegółowe informacje dotyczące praktyk studenci uzyskują podczas spotkania organizowanego raz w roku przez Pełnomocnika. Studenci kierunku Inżynieria i Analiza Danych odbywają praktyki w firmach i instytucjach prowadzących badania naukowe lub zawierających działy badawczo-rozwojowe związane ze statystyką i analizą danych, są to m.in.: Politechnika Warszawska, Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych, PwC Polska Sp. z o.o., Accenture Sp. z o.o., Lingaro Sp. z o.o., Allegro Pay Sp. z o.o.

Na Wydziale MiNI organizowane są także spotkania warsztatowo-informacyjne z firmami oferującymi praktyki i staże dla studentów (np. z PricewaterhouseCoopers, z Google, z Rządowym Zespołem Reagowania na Incydenty Komputerowe Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, itp.), a także różnego rodzaju spotkania z pracodawcami (Targi Pracy IT PW, Warszawskie Dni Informatyki).

8.4. System motywowania studentów do osiągnięcia lepszych wyników w nauce oraz działalności naukowej

Elementem motywowania studentów do osiągnięcia jak najlepszych wyników w nauce jest system stypendiów. Stypendia Rektora Politechniki Warszawskiej za wyniki w nauce oraz za osiągnięcia naukowe przyznawane są zgodnie z *Regulaminem świadczeń dla studentów Politechniki Warszawskiej (Zarządzenie nr 78/2021 Rektora PW)* oraz zgodnie z *Kryteriami tworzenia list rankingowych na Wydziale MiNI* dostępnymi na stronie <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/dziekanat/sprawy-socjalne/>. Poza stypendiami Rektora studenci mogą ubiegać się o stypendia fundowane corocznie przez inne instytucje lub osoby prywatne, jak np. Stypendium im. Mieczysława Króla, które przyznawane jest studentom Politechniki Warszawskiej osiągającym bardzo dobre wyniki w nauce i znajdującym się w trudnej sytuacji materialnej.

Ponadto studenci kierunku Inżynieria i Analiza Danych otrzymują za swoje osiągnięcia naukowe, przy wsparciu pracowników Wydziału, liczne nagrody, wyróżnienia i stypendia zewnętrzne, m.in.:

- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Nauki za znaczące osiągnięcia w roku 2020/21
- Wojciech Kretowicz otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Nauki za znaczące osiągnięcia w roku 2020/21
- Hubert Baniecki, Wojciech Kretowicz i Małgorzata Wachulec zdobyli I miejsce w Hackathonie Lion's Den ING Risk Modelling Challenge w roku 2021
- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Fundacji Lotto im. Haliny Konopackiej „65 na 65” w roku 2021
- Mateusz Krzyżiński, Paweł Wojciechowski, Artur Żółkowski zajęli II miejsce w hackathonie Warsaw Hacks, organizowanym przez Biuro Cyfryzacji m.st. Warszawy i Fundację Digital Poland
- Małgorzata Wachulec została laureatką stypendium Nowe Technologie dla Dziewczyn Intel-Perspektywy 2020/2021
- Piotr Piątyśzek jako członek zespołu Wariant MI2 otrzymał wyróżnienie w hackathonie Hack4med
- Michał Kośmider otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Szkolnictwa Wyższego za znaczące osiągnięcia w roku 2019/2020
- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Ministra Edukacji i Szkolnictwa Wyższego za znaczące osiągnięcia w roku 2019/2020
- Dominik Rafacz otrzymał stypendium Fundacji Rodziny Maciejko w roku 2017.

Wydział organizuje lub współorganizuje szkoły oraz konferencje dla studentów. W roku 2021, mimo pandemii odbyła się po raz kolejny Studencka Konferencja Zastosowań Matematyki "DwuMIan" organizowana wspólnie z Wydziałem Matematyki Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego. Ze względu na pandemię tegoroczna edycja konferencji odbywała się online. W konferencji uczestniczyło 250 osób. Prelekcje konferencyjne odbyły się w dwóch równolegle prowadzonych ścieżkach tematycznych: *statystyka i inżynieria danych* oraz *zastosowania matematyki w naukach technicznych i przyrodniczych*. Prezentowane referaty poruszały tematy takie jak modele parametryczne i nieparametryczne, analiza wielowymiarowa, szeregi czasowe, a także przedstawiały przykłady ciekawych zastosowań metod analizy danych. Ponadto, w ramach Konferencji zorganizowano wykłady zaproszonych gości i sesje partnerskie.

8.5. Sposoby informowania studentów o systemie wsparcia

Informacje dziekanatu umieszczone są na wydziałowej stronie internetowej <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/dziekanat/>, są to między innymi godziny dyżurów prodziekanów, pełnomocników dziekana, godziny otwarcia dziekanatu. Strona ta zawiera także dokumenty i formularze wykorzystywane w obsłudze procesu dydaktycznego. Na stronie <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/dziekanat/sprawy-socjalne/> umieszczone są natomiast

informacje, dokumenty i formularze dotyczące spraw socjalnych, w tym pomocy materialnej i kwaterunku w domach studenckich. Studenci informowani są o rodzajach dostępnych stypendiów, terminach składania wniosków i wymaganych dokumentach poprzez wiadomości wysyłane na studenckie listy mailingowe. Wszelkie informacje, formularze oraz regulaminy dotyczące stypendiów są dostępne na stronie internetowej <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/dziedkanat/sprawy-socjalne/>

Studenci mają możliwość wyboru praktyk spośród ofert publikowanych na stronie internetowej Biura Karier PW <https://www.bk.pw.edu.pl>, rozsyłanych przez Pełnomocnika Dziekana ds. Praktyk Studenckich na studenckie listy mailingowe lub wywieszanych na tablicach ogłoszeń na Wydziale. Szczegółowe informacje dotyczące praktyk studenci uzyskują podczas spotkania organizowanego raz w roku przez Pełnomocnika. Regulacje dotyczące organizacji praktyk, a także wszelkie istotne informacje dotyczące zaliczenia praktyk studenckich znajdują się także na stronie <https://ww2.mini.pw.edu.pl/praktyki>.

Studenci są na bieżąco informowani o stypendiach, konkursach, konferencjach studenckich oraz spotkaniach z pracodawcami, poprzez listy mailingowe i stronę internetową Wydziału.

8.6. Rozstrzyganie skarg i rozpatrywanie wniosków zgłoszonych przez studentów

Skargi i wnioski studentów dotyczące procesu kształcenia wpływają bezpośrednio do prodziekana ds. nauczania, natomiast skargi i wnioski dotyczące spraw socjalnych i bytowych – do prodziekana ds. studenckich. Rozstrzygane są one w porozumieniu z Wydziałową Radą Samorządu Studentów, która reprezentuje interesy studentów na Wydziale.

Stały kontakt władz dziekańskich z przedstawicielami Samorządu umożliwia szybkie reagowanie na problemy i potrzeby studentów. Wnioski studentów omawiane są w trakcie cotygodniowych spotkań władz dziekańskich z przewodniczącym Wydziałowej Rady Samorządu Studentów (WRS). Studenci pierwszego roku mogą także zgłaszać ewentualne skargi i wnioski do Opiekuna I roku, który zbiera informacje na temat warunków studiowania na pierwszym roku poprzez ankiety, spotkania ze starostami oraz formularz internetowy, który pozwala zachować anonimowość osobie wysyłającej wiadomość. Wszelkie skargi i wnioski są przekazywane przez Opiekuna władzom dziekańskim bądź prowadzącym zajęcia.

8.7. Zakres, poziom i skuteczność systemu obsługi administracyjnej studentów, w tym kwalifikacje kadry wspierającej proces kształcenia

Obsługa administracyjna studentów prowadzona jest przez Dziekanat Studencki, który zajmuje się obsługą procesu dydaktycznego oraz sprawami socjalnymi studentów. Wydział zatrudnia pięciu pracowników obsługi administracyjnej studentów. Wszyscy pracownicy mają wykształcenie wyższe i sprawnie lub biegle posługują się językiem angielskim. Dodatkowo, jeden z pracowników dziekanatu biegle posługuje się językiem migowym. Pracownicy dziekanatu regularnie uczestniczą w kursach i szkoleniach.

Sprawy studentów załatwiane są w miarę możliwości na bieżąco, wiele z nich nie wymaga obecności studenta, a tylko kontaktu mailowego. Praca dziekanatu jest zorganizowana w taki sposób, aby minimalizować ewentualne kolejki. Z tego względu studenci przyjmowani są nie tylko w wyznaczonych godzinach przyjęć, ale również w dogodnym dla nich czasie. Pracownicy wykazują bardzo dużą otwartość i zrozumienie, co jest doceniane przez studentów.

Informacje dziekanatu umieszczone są na wydziałowej stronie internetowej <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/dziedkanat/>, są to między innymi godziny dyżurów prodziekanów, pełnomocników dziekana, godziny otwarcia dziekanatu. Strona ta zawiera także dokumenty i formularze wykorzystywane w obsłudze procesu dydaktycznego. Na stronie <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/dziedkanat/sprawy-socjalne/> umieszczane są informacje,

dokumenty i formularze dotyczące spraw socjalnych, w tym pomocy materialnej i kwaterunku w domach studenckich. Skuteczność obsługi administracyjnej studentów jest na bieżąco monitorowana przez Kierownika Działu Administracji Wydziału.

8.8. Działania dotyczące bezpieczeństwa studentów oraz przeciwdziałanie dyskryminacji i przemocy

Wszyscy studenci rozpoczynający studia przechodzą obowiązkowe szkolenie BHP. Uczelnia zapewnia studentom łatwy dostęp do lekarzy pierwszego kontaktu oraz do specjalistów w placówkach medycznych współpracujących z PW.

Wszelkie przypadki dyskryminacji, przemocy lub innych zagrożeń studenci mogą zgłaszać do prodziekana ds. studenckich lub do dziekana Wydziału, którzy w razie potrzeby podejmują działania adekwatne do zagrożenia. Przypadki takie mogą być zgłaszane także do studenckiego rzecznika zaufania. Na uczelni funkcjonuje również Komisja Dyscyplinarna ds. studentów i doktorantów, w której skład wchodzi przedstawiciele Wydziału. Przeciwdziałaniem dyskryminacji osób niepełnosprawnych zajmuje się działająca na uczelni Sekcja ds. osób niepełnosprawnych.

Uczelnianą politykę przeciwdziałania mobbingowi i dyskryminacji określa *Zarządzenie nr 59/2014 Rektora PW* wraz ze zmianami wprowadzonymi *Zarządzeniem nr 22/2018 Rektora PW*.

8.9. Współpraca z samorządem studentów i organizacjami studenckimi

Osobą odpowiedzialną za kontakty z Wydziałową Radą Samorządu (WRS) i organizacjami studenckimi jest prodziekan ds. studenckich, który jest w stałym kontakcie z przedstawicielami WRS. Co roku w styczniu, po wyborze nowego składu WRS, odbywają się spotkania dziekana i prodziekanów z członkami WRS, na którym określone są plany działania na nowy rok. Na początku każdego roku akademickiego ustalane są wspólnie z przedstawicielami WRS *Kryteria tworzenia list rankingowych* do stypendium Rektora dla studentów. Co roku odbywają się spotkania dziekana oraz prodziekana ds. nauczania ze starostami grup studenckich.

Podstawą współpracy władz dziekańskich z samorządem studentów jest regularny kontakt z przedstawicielami WRS. Na cotygodniowych spotkaniach podczas kolegiów dziekańskich, w których uczestniczy przewodniczący WRS, omawiane są bieżące sprawy studenckie. Przedstawiciele WRS uczestniczą w posiedzeniach komisji programowych, na których mają możliwość zgłaszania postulatów studenckich dotyczących oferty dydaktycznej. W skład Rady Wydziału wchodzi przedstawiciele studentów.

Ważnym aspektem współpracy z samorządem studentów i kołami naukowymi, a także odzwierciedleniem dobrych relacji, jest wspólna organizacja dużych wydarzeń na Wydziale takich jak *Drzwi Otwarte*, inauguracja roku akademickiego czy Wigilia Wydziałowa z przedstawieniem teatralnym, w którym biorą udział zarówno pracownicy jak i studenci Wydziału.

8.10. Monitorowanie, ocena i doskonalenie systemu wsparcia

Wsparcie studentów w procesie uczenia się podlega systematycznym przeglądom, w których uczestniczą studenci, a wyniki tych przeglądów są wykorzystywane w działaniach doskonalących.

Ocena okresowa nauczycieli akademickich uwzględnia zaangażowanie w proces dydaktyczny w stopniu przekraczającym formalne wymagania. Premiowane jest między innymi organizowanie dodatkowych konsultacji i umieszczanie materiałów na stronach internetowych.

Na Wydziale przeprowadzane są obowiązkowo w każdym semestrze ankiety studenckie, w których studenci oceniają swoich prowadzących i mają możliwość przekazania swoich komentarzy w sposób anonimowy. Ankietyzacji podlegają wszystkie zajęcia prowadzone na Wydziale z wyłączeniem seminariów dyplomowych. Studenci oceniają: przekazywanie informacji organizacyjnych, jasność kryteriów oceniania, dostępność i użyteczność materiałów dydaktycznych, punktualność rozpoczęcia

i zakończenia zajęć, merytoryczne przygotowanie prowadzącego do zajęć, możliwość konsultowania się z prowadzącym zajęcia, umiejętność przekazywania wiedzy, oraz stosunek prowadzącego zajęcia do studentów. Wyniki ankiet są omawiane z przedstawicielami Wydziałowej Rady Samorządu. Dziekan przeprowadza bezpośrednie rozmowy z osobami, które uzyskują niskie wyniki ankiet. Osoby, które otrzymują najlepsze wyniki wymieniane są na posiedzeniach Rady Wydziału. Wyniki ankiet studenckich odgrywają istotną rolę w ocenie działalności dydaktycznej pracowników, stanowią także cenną informację zwrotną dla osób prowadzących zajęcia oraz wpływają na decyzje o obsadzie zajęć dydaktycznych.

Kryterium 9. Publiczny dostęp do informacji o programie studiów, warunkach jego realizacji i osiągniętych rezultatach

Zasadniczym źródłem informacji publicznej jest w Politechnice Warszawskiej portal Biuletyn Informacji Publicznej dostępny pod adresem <http://bip.pw.edu.pl>. Zamieszczone są tam wszystkie programy studiów, informacje o strukturze uczelni, władzach, wewnętrznych aktach prawnych, sprawozdaniach, sprawach studenckich, szkołach doktorskich i wiele innych.

9.1. Informacje dla kandydatów na studia

Uczelnia posiada rozbudowany portal informacyjny dla kandydatów na studia pod adresem <http://https://www.pw.edu.pl/Przyszli-studenci>. Zawiera on pełną informację rekrutacyjną dotyczącą wszystkich kierunków studiów stacjonarnych i niestacjonarnych w zakresie warunków przyjęć na studia, terminarza i oferty. Szczegółowe informacje Wydziału umieszczone są na portalu wydziałowym pod adresem <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/inzynierskie-i-licencjackie/rekrutacja> dla studiów pierwszego stopnia i <https://ww2.mini.pw.edu.pl/studia/magisterskie/kandydaci> dla studiów drugiego stopnia. Podane są kontakty, procedury i miejsce składania dokumentów.

Informacje o studiach w języku angielskim dla kandydatów zagranicznych znajdują się pod adresem <https://ww4.mini.pw.edu.pl>.

9.2. Dostęp do informacji dla studentów

Wszelkie informacje dotyczące procesu nauczania opublikowane są na portalu wydziałowym <http://www.mini.pw.edu.pl> w zakładce **Studia**. Jest ona podzielona na następujące działy:

- **Dziekanat** – kontakty, dyżury, informacje dziekanatu, dokumenty i formularze, sprawy socjalne, dla dyplomantów i promotorów, Usosweb, APD
- **Plany zajęć i procedury** – harmonogram roku, plan zajęć, plan sesji, formularze zgłoszeń przedmiotów, bhp i ochrona przeciwpożarowa, rezerwacja sal
- **Studia Inżynierskie i licencjackie** – Rekrutacja I stopień, Matematyka i Analiza Danych, Matematyka I stopień, Informatyka i Systemy Informacyjne, Computer Science And Information Systems, Inżynieria i Analiza Danych I stopnia, Rankingi i opinie, Wymiana międzynarodowa, Praktyki studenckie
- **Studia Magisterskie** – Rekrutacja II stopień, Matematyka II stopień, Informatyka i Systemy Informacyjne II stopień, Computer Science And Information Systems, Inżynieria i Analiza Danych II stopnia, Rankingi i opinie, Wymiana międzynarodowa
- **Doktoranci** – Studia doktoranckie z matematyki, Studia doktoranckie z informatyki, Szkoła doktorska nr 3, Rada doktorantów.

Ponadto szczegółowe informacje dotyczące programu studiów dostępne są w serwisie internetowym <https://e.mini.pw.edu.pl/pl> oraz <https://ects.pw.edu.pl>. Nadzór nad treścią internetową sprawuje prodziekan ds. Nauczania.

Wydział wdrożył USOS – Uniwersytecki System Obsługi Studentów, umożliwiający kompleksową obsługę spraw studiów, studentów, doktorantów i pracowników prowadzących zajęcia. Aplikacje stowarzyszone USOSweb oraz Mobile USOS są rozszerzeniem systemu USOS i stanowią główny interfejs dla nauczycieli akademickich oraz studentów. Pozwalają na przeniesienie na płaszczyznę elektroniczną wielu usług, czynności i procedur wykonywanych przez nauczycieli akademickich i studentów, które są związane z organizacją i dokumentacją przebiegu studiów. W chwili obecnej są to następujące czynności:

- przez pracowników prowadzących zajęcia: sprawdzanie planu prowadzonych zajęć i prowadzenie planu zajęć „własnych”, otrzymywanie list uczestników grup zajęciowych, eksport danych, wysyłanie wiadomości tekstowych do uczestników, przechowywanie wyników przeprowadzonych sprawdzianów i przeliczanie ich na oceny końcowe z przedmiotów, wystawianie ocen i zaliczeń, zatwierdzanie protokołów

- przez studentów: sprawdzanie planu zajęć, uzyskanych ocen i zaliczeń, a także łączenie (podpinanie) zaliczanych przedmiotów z realizowanymi programami studiów, zapisywanie się na zajęcia, egzaminy, rejestracje według jednej z kilku dostępnych metod, składanie wybranych podań i oświadczeń w dziekanacie i monitorowanie przebiegu realizacji podań, uzyskiwanie informacji o płatnościach za usługi edukacyjne, otrzymanej pomocy materialnej itp., komunikowanie się z uczestnikami swoich grup zajęciowych i ich prowadzącymi.

Opiekę nad prawidłowością funkcjonowania systemu USOS sprawuje Dziekanat.

Ponadto każdy może zapoznać się z oferowanymi przedmiotami, wymaganiami dydaktycznymi na poszczególnych kierunkach studiów, strukturą uczelni, wyszukać pracowników. Każdy student ma dostęp do swojego konta, gdzie na bieżąco ma pełną informację o przebiegu studiów, rozliczeniach, wynikach rejestracji i ocenach, planie zajęć. Wydział posiada również portal e-mini, w którym umieszczone są program kształcenia oraz materiały dydaktyczne.

Każdy student posiada konto poczty elektronicznej na serwerze wydziałowym, na które otrzymuje wszystkie informacje związane ze studiami. Ponadto ogłoszenia umieszczane są na tablicy ogłoszeń.

9.3. Kanały komunikacji z interesariuszami zewnętrznymi

Wydział prowadzi stronę www pod adresem www.mini.pw.edu.pl. Jej zawartość oraz aktualizacja są przedmiotem nieustannej uwagi:

- prodziekana ds. rozwoju
- prodziekana ds. nauczania
- prodziekana ds. studenckich.

Przy organizacji treści na stronie Wydziału brane są pod uwagę opinie studentów i pracowników, a wszystkie poważniejsze zmiany konsultowane są na kolegium dziekańskim. Zawiera ona kompleksowe informacje o Wydziale, prowadzonych badaniach oraz studiach. Wyznaczono pracowników do opiekowania się stroną www od strony technicznej i merytorycznej. Informacje tam publikowane są nieustannie aktualizowane.

Ponadto, władze Wydziału rozumiejąc potrzebę prowadzenia wielotorowej komunikacji z interesariuszami zewnętrznymi i wychodząc naprzeciw potrzebom nowoczesnego społeczeństwa uruchomiły profile na następujących portalach społecznościowych:

- **Facebook** (WMINIPW) – publikowanie wydarzeń wydziałowych i ogłoszeń
- **LinkedIn** (minipw) – komunikacja z absolwentami i partnerami biznesowymi
- **Youtube** (MiNI PW, Archipelag Matematyki, MathFigs) – popularyzacja nauki i edukacji
- **Discord** (serwer Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych) – informacje dla kandydatów i organizacja synchronicznych wydarzeń informacyjnych o Wydziale w czasach pandemii (Otwarte Drzwi)
- **Github** (organizacja mini-pw) – publikowanie kodu otwartych projektów realizowanych na Wydziale.

Kryterium 10. Polityka jakości, projektowanie, zatwierdzanie, monitorowanie, przegląd i doskonalenie programu studiów

10.1. Polityka jakości

Podstawowym celem Wydziałowego Systemu Zapewnienia Jakości Kształcenia, który działa na podstawie Uchwały Rady Wydziału z dnia 13 grudnia 2007 r., jest koordynacja procesu stałego poprawiania jakości i budowania tzw. kultury jakości na Wydziale. Zapoczątkowany został jako wewnętrzna inicjatywa Wydziału w celu prowadzenia działań mających na celu tworzenie warunków dla jak najwyższej jakości kształcenia. W 2015 roku, równoległe z działaniami na rzecz rozwijania WSZJK, prowadzone były prace zmierzające do włączenia WSZJK do rozwijanego Uczelnianego Systemu Zapewniania Jakości Kształcenia, którego system wydziałowy jest formalnie częścią. System uczelniany, rozwijany jest przy udziale Rady ds. Jakości Kształcenia, w posiedzeniach której uczestniczy Wydziałowy Pełnomocnik ds. Jakości Kształcenia.

W 2015 roku, została utworzona Księga Jakości Kształcenia Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych (Uchwała nr 13/V/2015 RW z dnia 23 kwietnia 2015 r.). Księga Jakości Kształcenia jest drugim co do ważności, po strategii, dokumentem systemu zarządzania jakością. W Księdze Jakości Kształcenia zostały zebrane wyniki dyskusji, która toczyła się na Wydziale od 2000 r. Księga Jakości Kształcenia nie jest jednak dokumentem zamkniętym i będzie nadal sukcesywnie uaktualniana. Koncepcja kształcenia jest omawiana na kolegium dziekańskim, na Radzie Wydziału, komisjach programowych, spotkaniach ze studentami oraz spotkaniach z pracodawcami. Do najistotniejszych zagadnień zawartych w Księdze Jakości w zakresie zadań edukacyjnych Wydziału zaliczyć należy:

- ogólne ramy Wydziałowego Systemu Zapewniania Jakości
- złożenie odpowiedzialności za jakość kształcenia w rękach władz dziekańskich
- powiązanie jakości z efektami uczenia się
- określenie sposobu sprawowania opieki nad studentami pierwszego roku
- sformułowanie celów dla podniesienia jakości kształcenia w wyniku przeprowadzonej ankiety wśród studentów pierwszego roku
- określenie zasad rekrutacji na II stopień studiów oraz zasad dyplomowania
- regulacje dotyczące studiów doktoranckich (nieaktualne po powołaniu szkół doktorskich)
- zdefiniowanie procedur przeprowadzania sprawdzianów i zasady zera tolerancji dla „ściągnięcia”
- zdefiniowanie zasad hospitacji zajęć
- zdefiniowania procedury współdziałania Wydziału z otoczeniem gospodarczym.

10.2. Projektowanie, zmiany i zatwierdzanie programu studiów

Projektowanie programów studiów regulowane jest przez Uchwałę Senatu PW 58/L/2020 z dnia 25.11.2020r w sprawie ustalania programów studiów w Politechnice Warszawskiej. Określa ona ogólne wytyczne projektowania programów studiów, zalecane efekty uczenia się dla przedmiotów matematycznych i fizyki oraz języków obcych zgodnie z art. 28 ust. 1 pkt 11 i ust. 2 oraz art. 67 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478, z późn. zm.).

Szczegółowe regulacje w tym wprowadzanie zmian w programie studiów ustalone są Zarządzeniem Rektora nr 158/2020 z dnia 2 grudnia 2020 r.

Projektowaniem i dokonywaniem zmian programów kształcenia na kierunku Inżynieria i Analiza Danych zajmuje się stosowna Komisja Programowa Rady Wydziału powoływana na początku nowej kadencji, w skład której wchodzi profesorowie i nauczyciele akademicki prowadzący kluczowe przedmioty na studiach pierwszego i drugiego stopnia, przedstawiciele studentów oraz otoczenia społeczno-gospodarczego. W trakcie systematycznych posiedzeń komisji omawiane są wnioski z bieżącego monitorowania przebiegu procesu kształcenia na kierunku i okresowych przeglądów programu kształcenia pod kątem ich aktualności. W szczególności w kompetencji Komisji Programowej leży: zmiana programu nauczania na studiach I i II stopnia, opiniowanie list przedmiotów obieralnych,

opiniowanie tematów prac dyplomowych. Rada Wydziału zatwierdza propozycje zmian programów kształcenia przedstawionych przez Komisję Programową.

Zmiany w programie studiów opiniowane są przez Komisję Programową z inicjatywy własnej w wyniku analizy procesu kształcenia oraz sytuacji zewnętrznej, pod wpływem sugestii Pełnomocnika ds. Jakości Kształcenia, na wniosek studentów za pośrednictwem WRS lub przedstawicieli studentów wchodzących w skład Komisji, na wniosek pracowników Wydziału lub na wniosek Rady Pracodawców. Wszystkie zmiany podlegają dyskusji na forum Komisji Programowej kierunku Inżynieria i Analiza Danych, następnie opiniowane są przez Radę Wydziału. Decyzję o zmianie podejmuje Dziekan Wydziału i przekazuje wniosek do Rektora w celu zatwierdzenia przez Senat PW.

Przykładowo, w roku akademickim 2020/2021 po przeanalizowaniu wyników osiągania efektów uczenia się oraz wsłuchując się w głos studentów Komisja Programowa zaproponowała modyfikację planu studiowania polegającą na:

- zamianie na semestrze 1 przedmiotu *Podstawy elektroniki* na przedmiot *Architektura komputerów*, który lepiej odpowiada profilowi studiów
- wprowadzeniu nowego przedmiotu *Algebra liniowa w analizie danych* na semestrze 2
- przeniesieniu przedmiotu *Architektura systemów informatycznych* na semestr 6.

Zmiany w programie studiów weryfikowane są przez Dział ds. Studiów PW w zakresie ich zgodności z wewnętrznymi aktami prawnymi PW oraz wymaganiami ustawowymi. Wszystkie zmiany dotyczące efektów uczenia się, wymiaru godzinowego przedmiotów oraz treści programowych rekomendowane są przez Komisję Senacką ds. Kształcenia, po wysłuchaniu opinii recenzentów, Senatowi PW, który je ostatecznie zatwierdza. Wszystkie programy studiów w formie zatwierdzonej przez Senat PW dostępne są na stronie <https://bip.pw.edu.pl>.

10.3. Monitorowanie programu i jakości procesu kształcenia

Monitorowanie odbywa się na podstawie zebranych opinii interesariuszy wewnętrznych i zewnętrznych. Podstawowym źródłem danych są wyniki ankietyzacji wśród studentów wszystkich zajęć dydaktycznych. Ankieta jest przeprowadzana w każdym semestrze i jest obowiązkowa dla wszystkich przedmiotów i rodzajów zajęć. Każdy pracownik jest hospitowany co najmniej raz na trzy lata, w tym nowi pracownicy w ciągu pierwszego roku zatrudnienia.

Dodatkowo Wydział organizuje cykliczne spotkania Rady Pracodawców Wydziału w formie paneli eksperckich z udziałem przedstawicieli otoczenia społeczno-gospodarczego, na których zbierana jest informacja o przydatności efektów uczenia się na rynku pracy. Ostatni panel odbył się 25.11.2021. Opinie interesariuszy zewnętrznych uzyskiwane są także podczas licznych spotkań władz Wydziału z przedstawicielami pracodawców.

Aktualność programu kształcenia monitoruje się także w ramach ankiet przeprowadzanych wśród pracodawców, u których studenci odbywają obowiązkowe praktyki. Po zakończeniu praktyki pracodawca wypełnia ankietę, w której ocenia, w jakim stopniu wiedza i umiejętności zdobyte na studiach były przydatne w realizacji praktyk. Dostarczenie tej ankiety jest warunkiem zaliczenia praktyk. Wyniki ankiet są brane pod uwagę przez Komisję Programową przy modyfikacjach programu studiów.

Warto dodać również, że Przewodniczący Wydziałowej Rady Studentów na bieżąco informuje władze dziekańskie o opiniach studentów dotyczących procesu kształcenia podczas cotygodniowych kolegiów dziekańskich.

Szczegółowe zasady prowadzenia prac dyplomowych i egzaminów dyplomowych na kierunku Inżynieria i Analiza Danych zostały ustalone Zarządzeniem Dziekana nr 3/2021 z dnia 14 stycznia 2021 roku. Wprowadza ono zasady sprawowania opieki nad dyplomantami, ustalania tematów prac dyplomowych, przebiegu pracy dyplomowej inżynierskiej i magisterskiej oraz ich oceniania. Praca dyplomowa stanowiąca zakończenie etapu kształcenia podlega ocenie promotora i recenzenta, wybieranego przez prodziekana ds. nauczania. Podczas egzaminu dyplomowego kompleksowo oceniane jest osiągnięcie efektów uczenia się z całego przebiegu studiów na podstawie obrony pracy i odpowiedzi na pytania.

Dodatkowo Komisja Programowa zatwierdziła w maju 2021 roku dokument pt. „Wytyczne dla oceny zgłoszeń tematów i realizacji prac dyplomowych na kierunku IAD”. Wyjaśnia on w jaki sposób realizowane powinny być prace dyplomowe inżynierskie w zakresie analizy danych. W październiku 2021 w związku z wątpliwościami zgłaszanymi przez studentów, a dotyczącymi regulaminu studiów (§ 29. punkt 2) i tego co może stanowić pracę dyplomową inżynierską Komisja Programowa przyjęła „Informacja dla studentów i promotorów kierunku Inżynieria i Analiza Danych dotycząca zasad realizacji prac dyplomowych”, w których wyjaśniono na jakich warunkach opublikowany artykuł może być uznany za pracę dyplomową spełniającą efekty uczenia się wymagane dla tego typu prac.

Oceny realizacji zakładanych efektów uczenia się na studiach pierwszego i drugiego stopnia dokonuje Rada Wydziału po każdym semestrze.

Nieodzownym elementem zapewnienia jakości kształcenia jest rygorystyczne przestrzeganie regulaminu studiów określającego sposób postępowania w przypadku wykrycia niesamodzielnej pracy studenta (§19. punkt 4):

„Jeżeli podczas weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się zostanie stwierdzona niesamodzielność pracy studenta lub korzystanie przez niego z materiałów lub urządzeń innych niż dozwolone w regulaminie przedmiotu, student uzyskuje ocenę niedostateczną i traci prawo do zaliczenia przedmiotu w jego bieżącej realizacji.”

oraz §38. punkt 1:

„Za czyny uchybiające godności studenta oraz za naruszenie przepisów obowiązujących w Uczelni, w szczególności za przypisywanie sobie autorstwa części lub całości cudzego utworu, student ponosi odpowiedzialność dyscyplinarną.”

Elementem tego systemu jest Jednolity System Antyplagiatowy (JSA), który jest zintegrowany z systemem obsługującym proces dyplomowania (apd.usos.pw.edu.pl). System JSA automatycznie porównuje wszystkie prace dyplomowe ze zbiorem prac przechowywanych w archiwum, stron internetowych i innych dokumentów dostępnych w Internecie. Raport JSA nt. oryginalności pracy przedstawiany jest promotorowi pracy dyplomowej, który musi go zaakceptować. W razie wątpliwości promotor może wstrzymać prace studenta i wyciągnąć odpowiednie konsekwencje zgodnie z regulaminem.

10.4. Ocenianie osiągnięcia efektów uczenia się

Ocena osiągnięcia efektów uczenia się dla danego przedmiotu następuje na wielu poziomach. W pierwszej kolejności oceny dokonuje koordynator danego przedmiotu. Drugi poziom kontroli zapewnia kierownik zakładu. Z inicjatywy studentów kontrolę taką może przeprowadzić prodziekan ds. nauczania. Nierzadko sami prowadzący zajęcia konsultują sytuację w grupie studenckiej, w tym rozkład ocen z prodziekanem. W takich sytuacjach zwykle przedmiot prowadzony jest dla dwóch lub więcej kierunków, a analizie podlegają oceny studentów na poszczególnych kierunkach.

Po zakończonej rejestracji ocena efektów uczenia się jest wykonywana przez prodziekana ds. nauczania, który prezentuje ją Radzie Wydziału. Szczególnie uważnie analizowana jest sytuacja po zmianie programu studiów. W razie potrzeby, jeżeli pojawiają się niepokojące sygnały, podejmowane są odpowiednie kroki, np. przesunięcie przedmiotu na inny semestr, zmiana zakresu programu lub treści nauczania, zmiana formy zaliczenia przedmiotu i inne.

Po zakończeniu pierwszego stopnia studiów analizowana jest liczba studentów, którzy obronili się w terminie, którzy złożyli podanie o przedłużenie terminu składania pracy dyplomowej oraz którzy nie złożyli pracy w planowanym terminie i wobec których wszczęto procedurę skreślenia z listy studentów. Badana jest również liczba absolwentów, która złożyła podanie o przyjęcie na II stopień studiów. Szczegółowe informacje na ten temat podano w opisie Kryterium 3.

Uzyskiwane informacje wykorzystywane są do proponowania zmian w programach nauczania poszczególnych przedmiotów, ustalania dopuszczalnej minimalnej liczby punktów dla rejestracji warunkowej, czy szczegółowych warunków przeprowadzania egzaminu wstępnego na II stopień studiów dla absolwentów MiNI. Przykładowo, w roku 2021 ustalono szczegółowe zasady zwolnienia z egzaminu pisemnego i ustnego dla absolwentów kierunku Informatyka i Systemy Informacyjne oraz

Inżynieria i Analiza Danych ubiegających się o przyjęcie na II stopień studiów na kierunku Inżynieria i Analiza Danych. Na wniosek studentów zezwolono na ubieganie się o takie zwolnienie w ciągu 13 miesięcy od uzyskania dyplomu inżyniera.

10.5. Wpływ interesariuszy wewnętrznych i zewnętrznych na doskonalenie i realizację programu studiów

Interesariusze wewnętrzni, czyli przede wszystkim studenci Wydziału MiNI biorą, poprzez wybraną ze swojego grona Wydziałową Radę Studentów, czynny udział w życiu Wydziału we wszystkich jego aspektach dzięki:

- uczestnictwu przedstawicieli WRS w komisjach programowych dla wszystkich kierunków studiów realizowanych na Wydziale MiNI
- uczestnictwu w posiedzeniach Rady Wydziału
- uczestnictwu przewodniczącego WRS w cotygodniowych zebraniach kolegium dziekańskiego
- opiniowaniu planu zajęć oraz sesji egzaminacyjnych.

Wydział zapewnia warunki do swobodnej pracy WRS w dedykowanych pomieszczeniach na parterze budynku. Jednym z owoców aktywnej współpracy władz Wydziału ze studentami jest stworzenie strefy relaksu na I piętrze budynku i zakup sprzętu rozrywkowego: stołu do ping-ponga, bilardu i piłkarzyków. Podobnie, otwarcie pracowni komputerowej dedykowanej wyłącznie do pracy własnej studentów zainicjowane zostało wnioskiem WRS.

Druga grupa interesariuszy zewnętrznych to pracodawcy zatrudniający absolwentów oraz studentów w ramach praktyk studenckich. Mają oni wpływ na program studiów poprzez Radę Pracodawców przy Wydziale MiNI. Skupia ona przedstawicieli bardzo różnorodnych firm z otoczenia społeczno-gospodarczego. Pełna lista członków Rady Pracodawców podana jest w opisie Kryterium 6. Przedstawiciele Rady Pracodawców są również członkami Komisji Programowej i w ramach jej prac mają realny wpływ na program studiów.

Interesariusze wewnętrzni, czyli pracownicy Wydziału mają wpływ na kształt i realizację programu studiów poprzez Komisję Programową i Radę Wydziału. Każdy pracownik ma również pełną swobodę w zgłaszaniu przedmiotów obieralnych, które muszą potem jeszcze przejść przez akceptację Komisji Programowej. Ich uruchomienie zależy w tym momencie wyłącznie od liczby studentów, którzy je wybierają. Decyzję taką każdorazowo podejmuje Dziekan analizując warunki prowadzenia danego przedmiotu, zapotrzebowanie wśród studentów, stopień studiów, na których przedmiot jest oferowany oraz ogólną liczbę studentów w danej grupie.

10.6. Wykorzystanie informacji dotyczących jakości kształcenia

W przypadku otrzymania informacji o niezgodności programu studiów z przepisami państwowymi, czy aktami uczelnianymi Komisja Kształcenia podejmuje zdecydowane działania naprawcze. Sytuacje takie spowodowane są najczęściej zmianami przepisów (państwowych lub uczelnianych), które pociągają za sobą konieczność dostosowania programu studiów. Było tak np. przy zmianie wymaganej liczby punktów ECTS za pracę dyplomową inżynierską i magisterską.

W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości związanych z jakością kształcenia pojedynczego przedmiotu działania naprawcze dokonywane są przez kierowników zakładów, a w szczególnych przypadkach przez prodziekana ds. nauczania. Wyniki ankiet dostępne Dziekanowi mają wpływ na decyzje dotyczące awansów, bądź też przedłużania okresu zatrudnienia w przypadku pracowników zatrudnionych na czas określony.

Część II. Perspektywy rozwoju kierunku studiów

	POZYTYWNE	NEGATYWNE
Czynniki wewnętrzne	Mocne strony 1. Spójność koncepcji kształcenia na studiach pierwszego oraz drugiego stopnia, zgodność przyjętych przez Wydział efektów uczenia się z oczekiwaniami pracodawców. 2. Wysokie kwalifikacje kadry akademickiej zapewniającej zgodność treści kształcenia z aktualnym stanem nauki. 3. Doskonała infrastruktura informatyczna oraz światowej klasy sprzęt obliczeniowy dużej mocy. 4. Aktywna współpraca z pracodawcami w zakresie kształcenia studentów oraz angażowanie studentów w projekty naukowe oraz prace rozwojowe z podmiotami zewnętrznymi. 5. Posiadanie przez Politechnikę Warszawską statusu Uczelni Badawczej ułatwia pozyskiwanie grantów i projektów realizowanych z podmiotami zewnętrznymi.	Słabe strony 1. Rozpoczynanie przez studentów pracy zawodowej w trakcie trwania studiów, obciążenie obowiązkami zawodowymi powodującymi trudności w przygotowaniu się studentów do zajęć oraz terminowym przygotowaniu pracy dyplomowej. 2. Zbyt duża rotacja pracowników i trudności w pozyskaniu nowej kadry naukowej spowodowane niekonkurencyjnym poziomem wynagrodzenia. 3. Trudności w pozyskaniu profesjonalnej kadry administracyjnej ze względu na niekonkurencyjność zarobków. 4. Nadmierne obciążenie pracowników naukowo-dydaktycznych i dydaktycznych obowiązkami administracyjnymi. 5. Ograniczone możliwości wzrostu liczby studentów przyjmowanych na studia ze względu na brak środków na rozbudowę infrastruktury lokalowej.
Czynniki zewnętrzne	Szanse 1. Możliwość pozyskania dobrych kandydatów na studia dzięki działalności promocyjnej Wydziału wśród uczniów szkół średnich (konkurs, współpraca ze szkołami, MiNI Akademia itd.). 2. Otwarty europejski rynek pracy. 3. Bardzo dobra opinia o Wydziale wśród pracodawców (I miejsce w rankingu Perspektyw w kategorii opinie pracodawców na wszystkich kierunkach prowadzonych na Wydziale). 4. Rosnące wymagania ze strony szybko rozwijającej się dyscypliny stymulują nieustanne doskonalenie programu studiów i podnoszenia kompetencji pracowników. 5. Olbrzymie zainteresowanie bardzo dobrych kandydatów stymulowane ogromnym zainteresowaniem światowego rynku pracy specjalistami obszaru Data Science.	Zagrożenia 1. Niestabilność rozwiązań prawnych w zakresie funkcjonowania uczelni. 2. Spadek poziomu przygotowania kandydatów na studia – ograniczenie programów przedmiotów ścisłych w kształceniu przedmaturalnym. 3. Ryzyko utraty pracowników na rzecz firm i uczelni zagranicznych. 4. Zbyt duża biurokratyzacja procesów kształcenia i prowadzenia badań naukowych skupiająca się nadmiernie na części formalno-prawnej przez co powodująca ograniczenie czasu, zasobów finansowych i ludzkich przeznaczonych na właściwy proces nauczania i badań naukowych. 5. Zbyt niskie nakłady finansowe Państwa na badania i szkolnictwo wyższe.

(Pieczęć uczelni)

.....
(podpis Dziekana/Kierownika jednostki)

.....
(podpis Rektora)

....., dnia
(miejscowość)

Część III. Załączniki

Załącznik nr 1 – Zestawienia dotyczące kierunku Inżynieria i Analiza Danych

Załącznik nr 2.1a – Program studiów dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych dla studiów pierwszego stopnia

Załącznik nr 2.1b – Program studiów dla kierunku Inżynieria i Analiza Danych dla studiów drugiego stopnia

Załącznik nr 2.2 – Obsada zajęć

Załącznik nr 2.3 – Harmonogram zajęć na studiach stacjonarnych, obowiązujący w semestrze zimowym roku akademickiego 2021/2022

Załącznik nr 2.4 – Charakterystyka nauczycieli akademickich oraz innych osób prowadzących zajęcia lub grupy zajęć oraz opiekunów prac dyplomowych

Załącznik nr 2.5 – Charakterystyka działań zapobiegawczych podjętych przez uczelnię w celu usunięcia błędów i niezgodności wskazanych w zaleceniach o charakterze naprawczym sformułowanych w uzasadnieniu uchwały Prezydium PKA w sprawie oceny programowej na kierunku studiów, która poprzedziła bieżącą ocenę oraz przedstawienie i ocena skutków tych działań

Załącznik nr 2.6a – Charakterystyka wyposażenia sal wykładowych, pracowni, laboratoriów i innych obiektów, w których odbywają się zajęcia związane z kształceniem na kierunku Inżynieria i Analiza Danych

Załącznik nr 2.6b – Informacja o bibliotece i dostępnych zasobach bibliotecznych i informacyjnych

Załącznik nr 2.7 – Wykaz tematów prac dyplomowych na kierunku Inżynieria i Analiza Danych uporządkowany wg lat, z podziałem na poziomy oraz formy studiów z roku 2020 i 2021

Załącznik nr 2.8 – Raport z panelu pracodawców

Załącznik nr 2.9 – Księga Jakości Kształcenia Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych PW