



Uniwersytet Ekonomiczny
we Wrocławiu

KIERUNEK STUDIÓW

Zarządzanie

Krzysztof Marczyński

Nr albumu 181154

PRACA MAGISTERSKA

**Analiza czynników wpływających
na fluktuację pracowników IT
z wykorzystaniem uczenia maszynowego**

Promotor:

dr hab. Joanna Radomska, prof. UEW

Katedra Zarządzania Strategicznego

Pracę akceptuję i wnioskuję o jej dopuszczenie
do dalszych etapów postępowania.

.....

podpis Promotora

WROCŁAW 2022

Streszczenie

todo: (Do napisanie po skończeniu pracy)

todo: (Wprowadzenie)

todo: (Sposób rozwiązania problemu)

todo: (Dodatkowe informacje o pracy)

todo: (Podumowanie)

Abstract

todo: (To samo co wyżej ale po angielsku)

Spis treści

Wstęp	1
Opis problemu	1
Cel i zakres pracy	2
Struktura pracy	3
1. Problem fluktuacji pracowników w literaturze	4
1.1. Zjawisko fluktuacji	4
1.2. Wpływ fluktuacji na firmę	6
1.3. Przyczyny fluktuacji pracowników	6
1.4. Koszt fluktuacji pracowników	9
1.5. Sposoby na retencję pracowników	11
2. Charakterystyka branży IT	12
2.1. Wysoka fluktuacja	12
2.2. Wpływ fluktuacji na utratę wiedzy w projektach informatycznych	12
2.3. Zarządzanie projektami informatycznymi a wysoka fluktuacja	12
3. Optymalizacja procesu rekrutacji w branży IT z wykorzystaniem uczenia maszynowego	13
3.1. Metody badawcze	13
3.2. Wybór źródła danych: Prezentacja ankiety StackOverflow	13
3.3. Wstępna selekcja cech	13
3.4. Wstępne przetworzenie danych	13
3.5. Selekcja cech z wykorzystaniem algorytmu XGB	13
3.6. Prezentacja wyników	13
3.7. Wnioski i analiza możliwości praktycznego zastosowania zbudowanego modelu predykcji	14
Zakończenie	15
Bibliografia	16

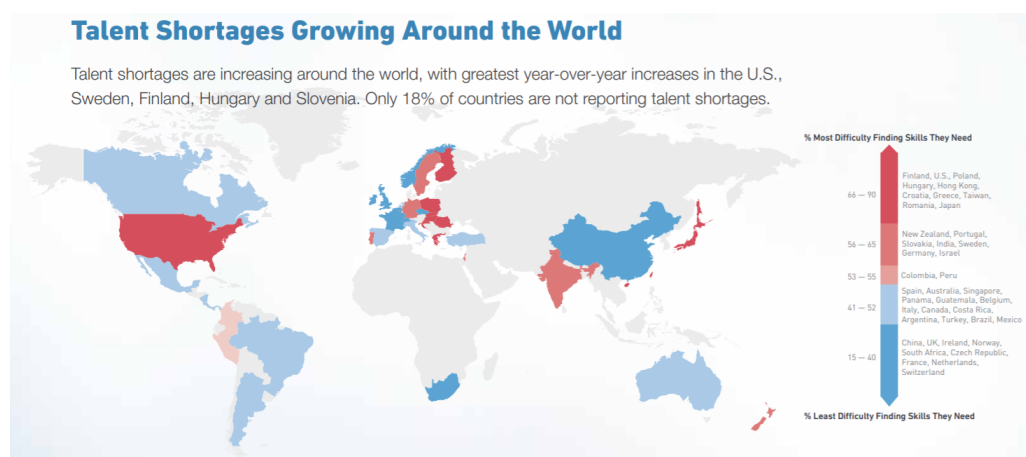
Spis rysunków	18
Spis tabel	19

Wstęp

Opis problemu

W ciągu ostatniego stulecia na świecie można zauważyć bezprecedensowe tempo rozwoju nowych technologii, w związku z czym nieustannie rośnie zapotrzebowanie na odpowiednio wykwalifikowanych pracowników technicznych. Na uwagę szczególnie zasługuje rozwój informatyzacji i zapotrzebowanie na pracowników zajmujących się wytwarzaniem oprogramowania. Według raportu Daxx w 2021 roku na świecie jest zatrudnionych ok 27 milionów programistów, natomiast globalne zapotrzebowanie jest o 40 milionów większe. Oszacowali też, że do 2030 globalnie może być zatrudnionych ok 45 milionów programistów, a deficyt sięgać może nawet 85 milionów programistów[14].

Na rysunku 1 przedstawiono problem niedoboru wykwalifikowanych pracowników w branży IT z podziałem na kraje.



Rysunek 1: Niedobór wykwalifikowanych pracowników IT na świecie

Źródło: Daxx, *Talent shortage in the nordics: How norway, sweden, finland, and denmark can solve the software developer shortage in 2021*,

<https://www.daxx.com/blog/development-trends/nordics-tech-talent-shortage>. 2020. Dostęp 17.01.2022[13]

Mając na uwadze również, że całkowite koszty związane z odejściem pracownika na stanowisku programisty i zatrudnieniem na jego miejsce nowego wynoszą średnio ok 50 tys dolarów amerykańskich[16] (daje to kwotę ok 200 tys polskich złotych), wniosek nasuwa się prosty: firmom działającym w branży informatycznej zależy na zatrzymaniu (retencji) zatrudnionych programistów. Dzięki wysokim staraniom pracodawców związanych z retencją programistów, zawód programisty na początku 2022 roku znalazł się na 5 miejscu rankingu najlepszych zawodów według U.S.News[15].

W związku z omówionymi problemami związanymi z branżą informatyczną można sformułować następujące pytania badawcze:

1. Czy można wyłonić cechy (osoby lub przedsiębiorstwa) pozwalające oszacować zadowolenie i chęć zmiany pracy pracownika z branży IT?
2. Czy wyłonione cechy można użyć do poprawy procesu wstępnej selekcji kandydatów?
3. Czy wyłonione cechy można użyć do zwiększenia atrakcyjności przedsiębiorstwa dla pracowników i kandydatów?

Cel i zakres pracy

Cele pracy można podzielić na 3 kategorie:

1. Teoriopoznawcze
 - przedstawienie zjawiska fluktuacji pracowników
 - czynniki wpływające na fluktuację i zadowolenie pracowników w literaturze
 - koszty związane z fluktuacją pracowników
 - przedstawienie charakterystyki branży informatycznej i konsekwencji fluktuacji w tej branży
2. Metodologiczne
 - sprawdzenie czy uczenie maszynowe pozwala określić z zadowalającym stopniem pewności (relatywnie niski znormalizowany błąd średniokwadratowy (ang. NRMSE)) cechy wpływające na poziom zadowolenia i chęć zmiany pracy pracowników IT
 - sprawdzenie czy wytypowane cechy będą miały odzwierciedlenie w cechach opisywanych w literaturze
3. Utylitarne
 - próba przygotowania użytecznego narzędzia dla pracowników działów rekrutacyjnych i employer branding

Struktura pracy

W pierwszym rozdziale pracy omawiane jest zjawisko fluktuacji pracowników z uwzględnieniem występującego w literaturze podziału na jej rodzaje, pokazania czym fluktuacja różni się od rotacji pracowników oraz w jaki sposób z fluktuacją związana jest retencja. Następnie przedstawione są czynniki prowadzące do wzrostu fluktuacji, pokazane jest czy wysoki wskaźnik fluktuacji zawsze oznacza problemy dla przedsiębiorstwa oraz jakie koszty ponosi firma w związku z fluktuacją.

W rozdziale drugim nakreślona zostaje charakterystyka zatrudnienia w branży informatycznej ze szczególnym zwróceniem uwagi na wskaźnik fluktuacji pracowników w tej branży. Szczegółowej analizie zostaje poddany problem utraty wiedzy w projektach informatycznych oraz jakości tworzonego oprogramowania w związku z odejściami pracowników.

W rozdziale trzecim przedstawiono źródło danych wybrane do przeprowadzenia badań ilościowych oraz uzasadniono zasadność przeprowadzenia badań z wykorzystaniem uczenia maszynowego dla omawianego w pracy problemu.

1. Problem fluktuacji pracowników w literaturze

1.1. Zjawisko fluktuacji

Fluktuacja pracowników (ang. employee turnover) w literaturze definiowana jest na wiele sposobów, jednak najczęstsze to "dobrowolne odejście z pracy pracowników dojrzałych"[12] lub szerzej jako "tempo w jakim pracownicy opuszczają firmę"[2]. Czasami fluktuacja jest utożsamiana z rotacją pracowników (ang. job rotation), jednak częściej rotację definiuje się nie jako samo opuszczanie firmy przez pracowników, a raczej jako proces wymiany pracowników, który może służyć jako metoda rozwoju dla pracowników (np. poprzez przeniesienie pracownika na inne stanowisko wewnątrz organizacji lub awans)[8]. Wysoka fluktuacja może nie być pożądana choćby ze względu na wysokie koszty z nią związane[6], więc odpowiedzią pracodawcy może być próba jej ograniczenia. Proces taki określany jest mianem retencji pracowników i jego głównym celem jest utrzymanie zatrudnienia na poziomie pozwalającym na "sprawną realizację procesów biznesowych"[7].

Fluktuacja może być skategoryzowana na kilka różnych sposobów, co zostało przedstawione w tabeli 1.1.

Tabela 1.1: Rodzaje fluktuacji

Cecha fluktuacji	Opis
pożądana	<ul style="list-style-type: none"> • pożądana - opuszczenie pracownika pozytywnie wpływa na działanie firmy (np. pracownik o niskich kwalifikacjach) • niepożądana - pracownik jest trudny do zastąpienia i jego pracy przynosi firmie korzyści
dobrowolna	<ul style="list-style-type: none"> • dobrowolna - pracownik sam odchodzi z firmy • niedobrowolna - pracodawca zwalnia pracownika lub pracownik w inny sposób zostaje zmuszony do odejścia
zapobiegalna	<ul style="list-style-type: none"> • zapobiegalna - firma jest jej w stanie zapobiec • niezapobiegalna - zależy od czynników zewnętrznych, na które firma nie ma wpływu (np. wprowadzenie nowych regulacji prawnych)
nadmierna	<ul style="list-style-type: none"> • związana ściśle z wewnętrznym działaniem firmy - cechy takie jak złe warunki pracy i nieadekwatne wynagrodzenie mogą wpłynąć na zwiększenie fluktuacji pracowników w danym przedsiębiorstwie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bartecki, T., Brzózka, M., Spychała, M., *Employer branding – nowoczesne rozwiązanie problemu rotacji pracowników*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie. 2019[1]

Do mierzenia poziomu fluktuacji wykorzystuje się wskaźnik fluktuacji definiowany jako stosunek osób opuszczającej w firmę w danym roku do średniej liczby pracowników zatrudnionych w danym roku. Do wyliczenia fluktuacji można wykorzystać liczbę wszystkich pracowników, którzy opuścili organizację - niezależnie od powodu opuszczenia tejże organizacji - ale można też obliczyć ten wskaźnik uwzględniając jedynie fluktuację dobrowolną. Badanie fluktuacji dobrowolnej jest o tyle istotne, że może pozwolić na wykrycie problemów w firmie i opracowanie sposobu na ich przeciwdziałanie[1]. Co więcej, badania pokazują, że większość odejść w organizacjach stanowią właśnie odejścia dobrowolne[3]. Z tego względu, dalsze rozważania będą dotyczyły fluktuacji dobrowolnej, o ile wprost nie będzie napisane inaczej.

1.2. Wpływ fluktuacji na firmę

Fluktuacja pracowników niekoniecznie musi oznaczać problem dla przedsiębiorstwa. Z analizy badań Human Capital Index przeprowadzonych przez firmę Watson Wyatt w 2005 r. wynika, że zarówno bardzo niska i bardzo wysoka fluktuacja nie są korzystne dla przedsiębiorstw. Organizacje z umiarkowanym poziomem wskaźnika fluktuacji wynoszącym ok 15% miały zwrot z inwestycji akcjonariuszy (ang. total shareholders return - TSR) na poziomie 43%, co stanowiło rezultat średnio o 9 punktów procentowych lepszy niż firmy o niższym lub o wyższym wskaźniku fluktuacji[5].

Na to jaki wpływ określony poziom fluktuacji znaczący wpływ ma charakterystyka branży[10]. Heurystyka dla określenia czy poziom fluktuacji jest zbyt wysoki prezentuje się następująco:

- niedobór kandydatów o odpowiednich kompetencjach na rynku pracy,
- fluktuacja jest wyższa niż u bezpośredniej konkurencji,
- wysokie koszty rekrutacji.

Natomiast dla określenia czy wysoki poziom fluktuacji może być akceptowalny wygląda następująco:

- wielu kandydatów o odpowiednich kompetencjach na rynku pracy,
- niskie koszty rekrutacji,
- niski koszt wdrożenia nowego pracownika,
- niskie ryzyko utraty wiedzy w wyniku odejścia pracownika,
- przewidywanie redukcji etatów w niedalekiej przyszłości.

1.3. Przyczyny fluktuacji pracowników

Najstarszy model opisujący dobrowolną fluktuację pracowników został opracowany przez Marcha i Simona w 1958 roku. Model ten wyróżnia 2 czynniki wpływające istotnie na poziom fluktuacji[11]:

- to jak pracownik ocenia swoją chęć zmiany pracy - związane jest to głównie z niską satysfakcją z wykonywanej pracy oraz niskim zaangażowaniem organizacyjnym
- to jak pracownik ocenia łatwość zmiany pracy - związane jest to z dostępnością na rynku pracy posad interesujących pracownika

W ciągu ostatnich 50 lat powstało wiele modeli prognozujących fluktuację i większość z nich korzysta mniej lub bardziej bezpośrednio z cech wyróżnionych przez Marcha i Simona. Badania empiryczne prowadzone w tym czasie potwierdziły, że te cechy mają znaczący wpływ na fluktuację - jednak nie oddają w pełni istoty fluktuacji. Przy pracy nad tymi modelami wyszczególniono wiele drugorzędnych cech wpływających na fluktuację. Cechy te zostały przedstawione w tabeli 1.2.

Tabela 1.2: Najczęściej pojawiające się cechy w modelach fluktuacji

Kategoria	Cechy
cechy osobiste	<ul style="list-style-type: none"> • osobowość • wyznawane wartości • wiek • staż pracy • wiedza • doświadczenie • profesjonalizm • odpowiedzialność wobec rodziny
cechy stanowiska pracy	<ul style="list-style-type: none"> • postrzeganie pracy • skomplikowanie pracy • oczekiwania wobec wykonywanej pracy • wynagrodzenie i benefits • koszt zmiany pracy • stres • dopasowanie wykonywanej pracy do oczekiwań pracownika • rozmiar firmy
mechanizmy zmiany stanowiska	<ul style="list-style-type: none"> • chęć zmiany • oczekiwania względem przyszłej pracy • wysiłek potrzebny do zmiany bieżącej sytuacji • możliwość przejścia do firmy powiązanej lub innego oddziału firmy • możliwość awansu lub degradacji • alternatywne sposoby opuszczenia pracy
konsekwencje opuszczenia lub pozostania w firmie	<ul style="list-style-type: none"> • konsekwencje pozapracowe • wydajność pracy
mechanizmy wpływające na proces decyzyjny	<ul style="list-style-type: none"> • zdarzenia nieprzewidziane • myśli o odejściu z firmy

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Steel, R.P., Lounsbury, J.W., *Turnover process models: Review and synthesis of a conceptual literature*, Human Resource Management Review. 2009, tom 19[9]

1.4. Koszt fluktuacji pracowników

Z perspektywy menadżerskiej wydawać by się mogło, że głównym kosztem związanym z fluktuacją pracowników jest koszt prowadzenia rekrutacji przez dział HR. Problem jest jednak zdecydowanie bardziej złożony. Edwards i Philips[6] pokazują, że - w zależności od stanowiska i wymaganych na nim kompetencji - całkowity koszt związany z odejściem pracownika i zatrudnieniem w jego miejsce nowego oscyluje od 30 do nawet 400 procent rocznego wynagrodzenia na danym stanowisku. Wyszczególnione przez nich koszty przedstawiono w tabeli 1.3.

Tabela 1.3: Typy kosztów związanych z fluktuacją

Typ	Cechy
koszty związane z odejściem starego pracownika	<ul style="list-style-type: none"> • przekazanie wiedzy innym pracownikom • po podjęciu decyzji o odejściu z pracy, odchodzący pracownik może być mniej zaangażowany w wykonywane obowiązki
koszt prowadzenia rekrutacji	<ul style="list-style-type: none"> • koszt związany z publikowaniem ogłoszeń o pracę • selekcja aplikantów • prowadzenie rozmów rekrutacyjnych • koszt operacyjny zakontraktowania nowego pracownika - związany między innymi z procesowaniem umowy czy skierowaniem na badania lekarskie
koszty związane z wdrożeniem nowego pracownika	<ul style="list-style-type: none"> • czas nowego pracownika potrzebny na zapoznanie się z obowiązkami i wdrożenie na nowe stanowisko pracy (w zależności od stanowiska może to trwać nawet kilka miesięcy) • czas doświadczonych pracowników potrzebny na wdrażanie nowego pracownika • w zależności od specyfiki stanowiska zakup odpowiedniego sprzętu dla pracownika, np. ubrań roboczych czy laptopa
szacowane utracone korzyści	<ul style="list-style-type: none"> • potencjalnie większe obciążenie pracowników którzy pozostali w firmie (przy brakach kadrowych) • utrata części wiedzy odchodzącego pracownika
inne koszty powiązane	<ul style="list-style-type: none"> • możliwe pogorszenie relacji z klientem, co może negatywnie wpłynąć na sprzedaż • odejście pracownika może zachęcić innych do rozważenia zmiany pracy

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Philips, J., Edwards, L., *Managing Talent Retention: An ROI Approach* (Pfeiffer, San Francisco, 2009)[6]

1.5. Sposoby na retencję pracowników

Przy rozważaniach na temat zwiększenia retencji pracowników warto zwrócić uwagę czynniki fluktuacji z modelu Marcha i Simona, które zostały opisane w sekcji 1.3. Wynika z nich, że przedsiębiorstwa powinny dążyć do zwiększenia zadowolenia pracowników oraz do zwiększenia ich zaangażowania organizacyjnego. Akcje te powinny być podejmowane przekrojowo w całej organizacji na 3 poziomach relacji:

- firma - pracownik
- firma - były pracownik
- firma - potencjalny przyszły pracownik

Kluczem do pracy w zakresie tych relacji jest koncepcja "employer branding"[1]. W literaturze koncepcja ta jest definiowana jako całokształt działań danej organizacji ukierunkowanych do pracowników obecnych, byłych oraz potencjalnych, które służą kreowaniu wizerunku firmy jako atrakcyjnego miejsca pracy, jednocześnie tworząc odpowiednie środowisko do realizacji jej celów biznesowych[4].

2. Charakterystyka branży IT

2.1. Wysoka fluktuacja

todo: (niedobór programistów a wysoki popyt na ekspertów)

2.2. Wpływ fluktuacji na utratę wiedzy w projektach informatycznych

todo: ()

2.3. Zarządzanie projektami informatycznymi a wysoka fluktuacja

todo: (koszty fluktuacji w związku z rekrutacją)

3. Optymalizacja procesu rekrutacji w branży IT z wykorzystaniem uczenia maszynowego

3.1. Metody badawcze

todo: (co, kogo i dlaczego)

todo: (uzasadnienie wykorzystania uczenia maszynowego do analizy danych)

3.2. Wybór źródła danych: Prezentacja ankiety StackOverflow

todo: (przedstawienie źródła danych, charakterystyka respondentów)

3.3. Wstępna selekcja cech

todo: (z wyszczególnieniem cech stałych/środowiskowych (kraj, typ dewelopera, typ firmy, rozmiar firmy) i zmiennych (wynagrodzenie, benefity, metodologie, cechy profilu kandydata))

3.4. Wstępne przetworzenie danych

todo: (kodowanie liczbowe, oczyszczanie)

todo: (opcjonalnie wzbogacenie o wybrane indeksy rozwoju społecznego)

3.5. Selekcja cech z wykorzystaniem algorytmu XGB

todo: (budowa modelu uczenia maszynowego w oparciu o cechy istotnie wpływające na predykcję)

todo: (<https://medium.com/@s.pranav.harathi/stack-overflow-survey-analysis-ed45127>)

3.6. Prezentacja wyników

todo: ()

3.7. Wnioski i analiza możliwości praktycznego zastosowania zbudowanego modelu predykcji

todo: (Analiza skuteczności (dopasowania) modelu)

Zakończenie

todo: (zakończenie)

Bibliografia

Spis literatury

- [1] Bartecki, T., Brzózka, M., Spychała, M., *Employer branding – nowoczesne rozwiązanie problemu rotacji pracowników*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie. 2019.
- [2] Cron, W.L., DeCarlo, T.E., *Darlymple's Sales Management* (John Wiley Sons, Inc, New Jersey, 2006).
- [3] Dalton, D.R., Todor, W.D., Krackhardt, D.M., *Turnover overstated: A functional taxonomy*, Academy of Management Review. 1982, tom 7.
- [4] Kozłowski, M., *Employer branding. Budowanie wizerunku pracodawcy krok po kroku*. (Oficyna Wolter Kluwer, Warszawa, 2012).
- [5] Król, H., Ludwiczynski, A., *Zarządzanie zasobami ludzkimi. Podręcznik*. (Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006).
- [6] Philips, J., Edwards, L., *Managing Talent Retention: An ROI Approach* (Pfeiffer, San Francisco, 2009).
- [7] Pocztowski, A., *Zarządzanie zasobami ludzkimi* (PWE, Warszawa, 2007).
- [8] Pocztowski, A., *Procesy płynności i retencji zatrudnienia w organizacji* (Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków, 2009).
- [9] Steel, R.P., Lounsbury, J.W., *Turnover process models: Review and synthesis of a conceptual literature*, Human Resource Management Review. 2009, tom 19.
- [10] Taylor, S., *Płynność zatrudnienia. Jak zatrzymać pracowników w firmie* (Oficyna Wolters Kluwer, Kraków, 2006).
- [11] Woźniak, J., *Współczesne systemy motywacyjne* (Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2012).
- [12] Woźniak, J., *Fluktuacja informatyków i jej przyczyny w świetle wyników badań* (Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania, Warszawa, 2016).

Wykaz innych źródeł

- [13] Daxx, *Talent shortage in the nordics: How norway, sweden, finland, and denmark can solve the software developer shortage in 2021*, <https://www.daxx.com/blog/development-trends/nordics-tech-talent-shortage>. 2020. Dostęp 17.01.2022.

- [14] Daxx, *The software developer shortage in the us and the global tech talent shortage in 2022*, <https://www.daxx.com/blog/development-trends/software-developer-shortage-us>. 2022. Dostęp 17.01.2022.
- [15] U.S.News, *Software developer*, <https://money.usnews.com/careers/best-jobs/software-developer>. Dostęp 17.01.2022.
- [16] Winter, T., *Have you ever wondered how much it costs to recruit a new programmer? the numbers may surprise you.*, <https://devskiller.com/true-cost-of-recruiting-a-developer-infographic>. 2016. Dostęp 17.01.2022.

Spis rysunków

1	Niedobór wykwalifikowanych pracowników IT na świecie	1
---	--	---

Spis tabel

1.1	Rodzaje fluktuacji	5
1.2	Najczęściej pojawiające się cechy w modelach fluktuacji	8
1.3	Typy kosztów związanych z fluktuacją	10

OŚWIADCZENIE AUTORA PRACY

Świadom odpowiedzialności prawnej oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została napisana przeze mnie samodzielnie. Wszystkie dane, istotne myśli i sformułowania pochodzące z literatury (przytoczone dosłownie lub niedosłownie) są opatrzone odpowiednimi odsyłaczami.

Praca ta w całości ani w części, która zawierałaby znaczne fragmenty przedstawione w pracy jako oryginalne, nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem tytułu zawodowego w wyższej uczelni.

Oświadczam, że tekst pracy dyplomowej wgrany do systemu APD jest identyczny z tekstem wydrukowanym złożonym w dziekanacie, o ile złożenie pracy w dziekanacie jest wymagane aktualnymi regulacjami Uczelni.

UWAGA: Oświadczenie składane w wersji elektronicznej w systemie APD

OŚWIADCZENIE PROMOTORA

Oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została przygotowana pod moim kierunkiem i spełnia warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie tytułu zawodowego.

Jednocześnie oświadczam, że tematyka pracy jest zgodna z efektami uczenia się określonymi dla kierunku Autora pracy.

UWAGA: Oświadczenie składane w wersji elektronicznej w systemie APD