



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 napisania 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	4
Opis problemu	4
Cel i zakres pracy	5
Struktura pracy	6
1. Problem fluktuacji pracowników w literaturze	7
1.1. Zjawisko fluktuacji	7
1.2. Wpływ fluktuacji na firmę	9
1.3. Przyczyny fluktuacji pracowników	10
1.3.1. Zadowolenie i satysfakcja pracowników	11
1.3.2. Zaangażowanie organizacyjne pracowników	14
1.4. Koszt fluktuacji pracowników	15
1.5. Sposoby na retencję pracowników	16
2. Charakterystyka branży IT	18
2.1. Ogólna charakterystyka	18
2.2. Zadowolenie pracowników	19
2.3. Wpływ fluktuacji na utratę wiedzy w projektach informatycznych	20
2.4. Charakterystyka pracowników w branży IT	21
2.5. Trendy na rynku pracy	26
3. Optymalizacja procesu rekrutacji w branży IT z wykorzystaniem uczenia maszynowego	29
3.1. Metody badawcze	29
3.2. Wstępne przetworzenie danych	30
3.3. Selekcja cech z wykorzystaniem uczenia maszynowego	33
3.4. Prezentacja wyników	35
3.5. Wnioski i analiza możliwości praktycznego zastosowania zbudowanego modelu predykcji	35
Zakończenie	36
Bibliografia	37

Spis tabel	44
Spis rysunków	45
Spis kodów źródłowych	46

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 roku globalnie może być zatrudnionych ok. 45 milionów programistów, a deficyt sięgać może nawet 85 milionów programistów [Daxx, 2022].

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, 2020]

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 [Winter, 2016] (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 [U.S.News, 2022].

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" [Woźniak, 2016] lub szerzej jako "tempo w jakim pracownicy opuszczają firmę" [Cron and DeCarlo, 2006]. 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) [Pocztowski, 2009]. Wysoka fluktuacja może nie być pożądana, choćby ze względu na wysokie koszty z nią związane [Philips and Edwards, 2009], 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" [Pocztowski, 2007].

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: [Spychała et al., 2019]

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 [Spychała et al., 2019]. Co więcej, badania pokazują, że większość odejść w organizacjach stanowią właśnie odejścia dobrowolne [Dalton et al., 1982]. 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 [Król and Ludwiciński, 2006].

Nie zawsze jednak można jednoznacznie stwierdzić, że wysoki poziom fluktuacji będzie negatywny w skutkach dla danego biznesu. Decyzję o tym należy poprzedzić analizą sytuacji w przedsiębiorstwach konkurencyjnych oraz specyfiki rynku pracy [Taylor, 2006]. Heurystyka pozwalająca określić czy wysoki poziom fluktuacji jest akceptowalny w przypadku danej branży została przedstawiona w tabeli 1.2.

Tabela 1.2: Heurystyka do oceny wysokiego poziomu fluktuacji

Wysoki poziom fluktuacji nieakceptowalny	Wysoki poziom fluktuacji akceptowalny
<ul style="list-style-type: none">• niedobór kandydatów o odpowiednich kompetencjach na rynku pracy,• fluktuacja jest wyższa niż u bezpośredniej konkurencji,• wysokie koszty rekrutacji;	<ul style="list-style-type: none">• 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;

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Taylor, 2006]

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 [Woźniak, 2012]:

- 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 [Steel and Lounsbury, 2009]. Cechy te zostały przedstawione w tabelach 1.3 i 1.4.

Tabela 1.3: 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;

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Steel and Lounsbury, 2009]

Tabela 1.4: Najczęściej pojawiające się cechy w modelach fluktuacji (ciąg dalszy)

Kategoria	Cechy
cechy stanowiska pracy	<ul style="list-style-type: none"> • postrzeganie pracy, • skomplikowanie pracy, • oczekiwania wobec wykonywanej pracy, • wynagrodzenie i benefity, • 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 and Lounsbury, 2009]

1.3.1. Zadowolenie i satysfakcja pracowników

Satysfakcję z pracy najprościej można zdefiniować jako "pozytywne i negatywne uczucia oraz postawy wobec wykonywanej pracy"[Schultz and Schultz, 2002]. Często w literaturze zamiennie do określenia "satysfakcja z pracy" występuje "zadowolenie z pracy", jednak czasem wskazywane jest rozróżnienie ze względu na czas trwania [Sowińska, 2014]:

- zadowolenie jest uczuciem chwilowym,
- satysfakcja jest odczuwana po długim czasie odczuwania zadowolenia.

Na satysfakcję z pracy wpływają głównie 3 grupy czynników [Schultz and Schultz, 2002]:

- czynniki związane z pracą - np. zakres obowiązków, lokalizacja biura, relacje z współpracownikami,

- czynniki indywidualne - np. staż pracy, wiek, zdrowie, zależności rodzinne,
- motywacja i aspiracje.

W tabelach 1.5 i 1.6 omówiono poszczególne czynniki wpływające na zadowolenie z pracy.

Tabela 1.5: Czynniki organizacyjne wpływające na zadowolenie pracowników

Czynnik	Opis
doświadczenia zawodowe	Satysfakcja spada u pracowników z kilkuletnim doświadczeniem, jeśli w swojej pracy nie są odpowiednio nagradzani i motywowani.
wykorzystanie umiejętności	Pracownicy, którzy w pracy mogą korzystać z wcześniej zdobytych umiejętności są zwykle bardziej zadowoleni.
odpowiedniość pracy	Pracownicy odczuwają większą satysfakcję jeśli wymagania stanowiska pracy pokrywają się z ich zdolnościami i aspiracjami.
status pracy	Status społeczny stanowiska istotnie wpływa na poziom zadowolenia pracownika.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Schultz and Schultz, 2002]

Tabela 1.6: Czynniki osobowe wpływające na zadowolenie pracowników

Czynnik	Opis
wiek	Statystycznie wraz z wiekiem rośnie zadowolenie z pracy.
płeć	Nie wykazano bezpośredniej korelacji płci z zadowoleniem z pracy, natomiast pośrednio na zadowolenie przedstawicieli danej płci może wpływać różnica w poziomach wynagrodzeń kobiet i mężczyzn na takich samych stanowiskach.
rasa	Statystycznie przedstawiciele mniejszości etnicznych częściej są przyjmowani na stanowiska gorsze lub gorzej płatne niż przedstawiciele lokalnej większości etnicznej.
zdolności poznawcze	Osoby o wysokich zdolnościach poznawczych częściej odczuwają brak satysfakcji jeśli praca nie angażuje ich intelektualnie.
cechy osobowości	Badania wskazują na korelację pomiędzy stabilnością emocjonalną, a zadowoleniem z pracy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Schultz and Schultz, 2002]

W pierwszych próbach badań nad zagadnieniem zadowolenia z pracy, zadowolenie definiowano jako przestrzeń jednowymiarową rozpinającą się od niezadowolenia do zadowolenia [Sowińska, 2014]. Oznaczało to, że występowanie określonego czynnika mogło skutkować zadowoleniem, a jego brak - niezadowoleniem. Nowe spojrzenie na tę kwestię wprowadził F. Herzberg definiując teorię dwuczynnikową, która zakłada, że czynniki wpływające na zadowolenie mogą być rozpatrywane niezależnie od czynników wpływających na niezadowolenie. Teoria ta jednak została zdefiniowana w sposób uznany za nieprecyzyjny, przez co spotkała się z szeroką falą krytyki [Sowińska, 2014].

Rozwinięciem teorii Herzberga jest teoria trychotomii czynników motywacji, którą zaproponował L. Koziół [Koziół, 2011]. Według tej teorii można wyszczególnić 3 kategorie czynników wpływających na zadowolenie: motywatory, demotywatory i czynniki higieny. Czynniki te zostały omówione w tabeli 1.7.

Tabela 1.7: Wpływ czynników motywacji na zadowolenie pracowników

Kategoria	Wpływ	Przykłady
motywatory	ich występowanie wpływa na zadowolenie	<ul style="list-style-type: none"> • odpowiedzialność, • uznanie, • możliwość rozwoju osobistego, • osiągnięcia, • awans;
demotywatory	ich występowanie wpływa na niezadowolenie	<ul style="list-style-type: none"> • niejasne oczekiwania, • zmuszanie pracowników do działań sprzecznych z etyką zawodową, • praca ponad siły, • nierówny podział obowiązków, • brak szkoleń, • niedoceniające pracowników z wieloletnim stażem, • nadmierna presja, • strach przed utratą pracy;
czynniki higieny	ich niewystępowanie wpływa na niezadowolenie	<ul style="list-style-type: none"> • wynagrodzenia, • zajmowane stanowisko, • warunki pracy, • nadzór techniczny, • bezpieczeństwo pracy, • polityka firmy, • świadczenia socjalne;

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Koziół, 2011]

1.3.2. Zaangażowanie organizacyjne pracowników

Zaangażowanie organizacyjne jest w literaturze definiowane na wiele różnych sposobów. Istniejące definicje można podzielić na 3 koncepcje [Juchnowicz, 2010]:

1. zaangażowanie jako postawa pracownika,
2. zaangażowanie przejawiane poprzez zachowanie pracownika,
3. zaangażowanie jako wymiana świadczeń na poziomie relacji firma – pracownik.

M. Juchnowicz [Juchnowicz, 2010] pokazuje, że pierwsza koncepcja traktująca zaangażowanie organizacyjne jako postawę pracownika najszerzej opisuje zjawisko zaangażowania, gdyż zawiera 3 czynniki kształtujące zaangażowanie: poznawczy, emocjonalny i behawioralny. Czynniki te zostały omówione w tabeli 1.8.

Tabela 1.8: Czynniki kształtujące zaangażowanie

Czynnik	Akcja	Opis
poznawczy	myślenie	Wiedza o organizacji jest podstawą zaangażowania.
emocjonalny	odczuwanie	Konieczny jest stosunek emocjonalny w stosunku do sposobu działania organizacji oraz jej wartości i celów.
behawioralny	działanie	Do zaangażowania potrzebna jest chęć podjęcia działań względem organizacji.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Juchnowicz, 2010]

Na tej podstawie zaangażowanie można zdefiniować jako "intelektualne i emocjonalne oddanie organizacji" [Juchnowicz, 2010]. Dla tak zdefiniowanego zaangażowania można wyszczególnić 4 podstawowe cechy postawy pracownika zaangażowanego [Juchnowicz, 2010]:

- stabilizacja - pracownikowi zależy żeby należeć do firmy,
- identyfikacja - pracownik wierzy w misję, wartości i cele organizacji i chce uczestniczyć w ich realizacji,
- pasja - wykonywana praca jest zgodna z cechami, aspiracjami i zainteresowaniami pracownika,
- efektywne działanie na rzecz pracodawcy - pracownik dąży do wykorzystania pełni swojego potencjału, aktywnie dzieli się wiedzą.

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 [Philips and Edwards, 2009] 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 1.9.

Tabela 1.9: 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 and Edwards, 2009]

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.

Postulaty te są ujęte w założeniach koncepcji "employer branding" [Spychała et al., 2019]. 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 [Kozłowski, 2012].

Akcje związane z koncepcją employer branding są podejmowane na 2 poziomach relacji firmy [Spychała et al., 2019]:

1. z obecnymi pracownikami,
2. z byłymi pracownikami oraz potencjalnymi przyszłymi pracownikami.

W celu zarządzania tymi relacjami firmy podejmują akcje marketingowe - w przypadku relacji z obecnymi pracownikami jest to marketing wewnętrzny, natomiast w przypadku byłych i potencjalnych pracowników marketing zewnętrzny. Marketing wewnętrzny opiera się na relacjach pracowników z współpracownikami i przełożonymi. Aby zwiększyć przywiązanie organizacyjne i utożsamianie się pracowników z celami przedsiębiorstwa przełożeni powinni podejmować następujące akcje [Spychała et al., 2019]:

- transparentne przedstawianie pracownikom powodów kryjących się za działaniami firmy,
- wykazywanie empatii wobec pracowników,
- promowanie indywidualnego rozwoju pracowników,
- umożliwianie pracownikom pracy dającej poczucie dawania istotnego wkładu w działanie firmy.

Marketing zewnętrzny nakierowany jest na zwiększenie rozpoznawalności przedsiębiorstwa i budowaniu pozytywnych skojarzeń z nim związanych. Z tego powodu wiele firm angażuje się w akcje związane z tzw. "społeczną odpowiedzialnością biznesu". Takie akcje mogą być związane np. z przekazywaniem środków na cele charytatywne czy promowaniem ograniczania emisji spalin. Inną formą akcji marketingowych zwiększających zasięg firmy wśród potencjalnych pracowników jest prowadzenie prelekcji dla studentów kierunków związanych z działalnością firmy. Należy podkreślić, że marketing zewnętrzny opiera się w dużej mierze na opiniach pracowników, dlatego ważne żeby wpierw dopracowany był marketing wewnętrzny [Spychała et al., 2019].

Skuteczny employer branding opiera się na następujących założeniach [Spychała et al., 2019]:

- pracownicy traktowani są jako klienci przedsiębiorstwa na równi z konsumentami, czy ogólnie - klientami zewnętrznymi,
- pracownik i pracodawca są równie istotni żeby możliwe było zrealizowanie celów organizacji,
- pracownicy tworzą wewnętrzny rynek pracy - firma powinna umożliwiać pracownikom objęcie nowych wakatów w celu umożliwienia pracownikom rozwoju i zaspokojenia ich ambicji,
- postrzeganie firmy zależy przede wszystkim od pracowników.

2. Charakterystyka branży IT

2.1. Ogólna charakterystyka

Branża IT jest stosunkowo młoda. Koncepcja stanowiąca podstawę architektury wszystkich współczesnych komputerów - a ogólniej w zasadzie niemal wszystkich urządzeń korzystających z procesora - została opracowana w 1945 roku przez Johna von Neumanna, Johna Mauchly'ego i Johna Eckerta [Riya, 2020]. Model komputera implementującego tę architekturę nazwali "przykładową maszyną cyfrową". Na przestrzeni lat wraz z postępem technologicznym następował stopniowy wzrost znaczenia technologii informatycznych, jednak prawdziwy rozkwit branży nastąpił po uruchomieniu w 1993 roku ogólnosiwiatowej sieci komputerowej (ang. World Wide Web) [Rangarajan and Tiwari, 2014], którą potocznie nazywamy "Internetem".

Rok 1993 można uznać za symboliczną datę kiedy rynek pracy IT zaczął przybierać znaną obecnie postać, jednak warto wyszczególnić jeszcze kilka ważnych dat z historii rozwoju branży:

- 2002 - Amazon Web Services - pierwsza implementacja chmury obliczeniowej [Alabbas, 2017],
- 2004 - Web 2.0 - ewolucja sposobu kreowania treści w internecie w sposób bardziej angażujący użytkowników [Yakovlev, 2007],
- 2007 - iPhone - początek ery urządzeń mobilnych [D. Pierce, 2018].

W Polsce branża IT stanowi bardzo istotny sektor gospodarki. W 2021 roku działalność w branży IT stanowiła w przybliżeniu 8% PKB Polski [PAIH, 2021]. Według raportu HackerRank Polscy programiści znajdują się w światowej czołówce pod względem umiejętności, plasując się na trzecim miejscu, zaraz za Chinami i Rosją [Tripathi, 2021]. Wysokie kwalifikacje polskich programistów są jedną z przyczyn dlaczego wiele zagranicznych firm decyduje się na outsourcing projektów do polskich firm informatycznych. Wśród innych powodów wybierania Polski do procesu outsourcingu wyróżnić można [Software Mind, 2021]:

- wysoki stopień znajomości języka angielskiego,
- przynależność Polski do Unii Europejskiej zapewnia zgodność z dyrektywami RODO dotyczącymi nie przetwarzania danych użytkowników poza terenem Unii Europejskiej,

- Polska jest zbliżona kulturowo i lokalizacyjnie do zachodnich zagranicznych inwestorów z krajów takich jak Niemcy czy Wielka Brytania, a nawet Stany Zjednoczone (gdyż różnica czasu między Polską, a wschodnim wybrzeżem Stanów Zjednoczonych wynosi zaledwie 6 godzin).

Duże zainteresowanie zagranicznych inwestorów polskim rynkiem IT oraz ogólny światowy niedobór wykwalifikowanych programistów [Daxx, 2022] kreują sytuację, w której pracodawcy prześcigają się w przygotowywaniu coraz atrakcyjniejszych ofert pracy zawierających szereg benefitów pracowniczych [Rojewska, 2020]. Tak powstała subiektywnie postrzegana łatwość zmiany pracy może skutkować zwiększeniem fluktuacji pracowników. Według raportu LinkedIn [Booz, 2018] w 2017 roku branża IT odnotowała najwyższy wskaźnik fluktuacji wynoszący 13.2%, gdzie globalna średnia dla innych zawodów wynosiła zaledwie 10.9%. Szczególnie wysokie wskaźniki fluktuacji odnotowano dla następujących specjalizacji w branży IT:

- 23.3% - projektant doświadczeń użytkownika,
- 21.7% - analityk danych,
- 21.7% - programista systemów wbudowanych.

Jak wspomniano w rozdziale 1.2, wysoki poziom fluktuacji niekoniecznie musi oznaczać problemy dla firmy, jeśli dostępnych jest wielu potencjalnych pracowników, a koszty rekrutacji są niskie. Te warunki nie są jednak spełnione w przypadku branży IT, gdzie wydatki związane z zatrudnieniem nowego pracownika po odejściu starego mogą sięgać nawet rzędu 200 tys. polskich złotych [Winter, 2016].

2.2. Zadowolenie pracowników

Jak pokazano w rozdziale 1.3 wiele z klasycznych teorii badających czynniki wpływające na fluktuację wyróżnia zadowolenie z pracy jako jeden z kluczowych czynników. W przypadku branży IT zadowolenie z pracy wpływa również znacząco na produktywność programistów i przede wszystkim na jakość tworzonego oprogramowania [Graziotin et al., 2018]. Według Roberta C. Martina - autorytetu w dziedzinie stosowania dobrych wzorców w programowaniu - jakość kodu ma kluczowe znaczenie dla przyszłości tworzonego oprogramowania, a także dla przyszłości firmy. Martin wyszczególnił następujące skutki zaniechania dbałości o jakość oprogramowania [Martin, 2014]:

- wydłużenie czasu dostarczania nowych funkcjonalności oprogramowania,
- częstsze pojawianie się awarii oprogramowania,
- spadek produktywności programistów,
- spadek motywacji programistów,
- konieczność poświęcania większej ilości czasu na analizowanie istniejącego kodu,

- zwiększenie kosztów tworzenia oprogramowania,
- wydłużenie czasu trwania projektu,
- możliwa konieczność napisania całego kodu od nowa.

Często stosowanym sposobem zwiększenia zadowolenia pracowników jest ograniczanie niezadowolenia. Czynniki wpływające na niezadowolenie pracowników w branży IT można podzielić na 3 podstawowe kategorie [Graziotin et al., 2017]:

1. wewnętrzne związane z osobą pracownika
2. zewnętrzne związane z organizacją firmy
3. zewnętrzne związane z oprogramowaniem

W tabeli 2.1 przedstawiono częste przyczyny niezadowolenia pracowników z uwzględnieniem powyższych kategorii.

Tabela 2.1: Przyczyny niezadowolenia pracowników w branży IT

Kategoria	Przyczyny
czynniki wewnętrzne związane z osobą pracownika	<ul style="list-style-type: none"> • fiksacja na punkcie rozwiązywania problemów, • syndrom impostora - poczucie nie posiadania wystarczających kompetencji do pełnionej roli, • problemy osobiste;
czynniki zewnętrzne związane z organizacją firmy	<ul style="list-style-type: none"> • presja czasu, • monotonne lub powtarzające się zadania, • podejmowanie złych decyzji (zwłaszcza technicznych) na wyższych szczeblach w organizacji;
czynniki zewnętrzne związane z oprogramowaniem	<ul style="list-style-type: none"> • niska jakość kodu i złe praktyki programistyczne, • praca z kodem, który nie działa z niewiadomych przyczyn, • narzucone ograniczenia dotyczące narzędzi wykorzystywanych do programowania (takiej jak język programowania czy środowisko);

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Graziotin et al., 2017]

2.3. Wpływ fluktuacji na utratę wiedzy w projektach informatycznych

Jednym z aspektów związanych z fluktuacją pracowników w branży IT jest utrata wiedzy w projektach informatycznych. Można wyszczególnić kilka podstawowych przyczyn utraty wiedzy [Nesh, 2021]:

- nieudokumentowane dane - wiele decyzji projektowych podejmowanych jest w oparciu o doświadczenie pracownika, testowanie wielu rozwiązań i wyciąganie wniosków z sukcesów i porażek - powstaje w ten sposób rodzaj "wiedzy plemiennej", która może być w pełni zrozumiała dla obecnych członków zespołu, ale nie jest w całości przekazywana nowym pracownikom,
- udokumentowane, ale nieuporządkowane dane - wiedza projektowa często jest spisywana w formie różnorodnych dokumentów, które funkcjonują w obiegu między pracownikami, jednak w przypadku braku uporządkowanej struktury bazy wiedzy projektowej dokumenty takie mogą łatwo zaginąć w przypadku odejścia pracownika,
- relacje międzyludzkie - decyzje projektowe mogą być podejmowane na podstawie wymagań klienta; w wielu projektach informatycznych wymagania klienta nie są udokumentowane w formalnych dokumentach przygotowanych przez analityków biznesowych, ale są przekazywane w formie ustnej lub mailowej, z tego powodu w przypadku odejścia pracownika wiedza wynikająca z relacji z klientem jest często trudna do przekazania.

Donadelli [Donadelli, 2015] wyszczególnia dodatkowe czynniki związane z wysoką fluktuacją w projektach informatycznych:

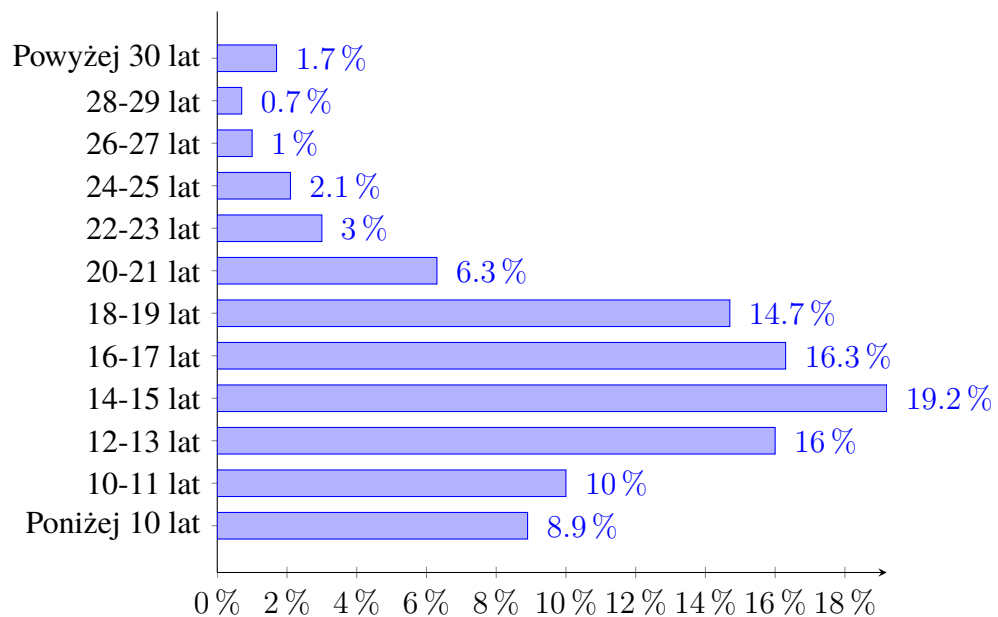
- spadek produktywności firmy,
- obniżenie jakości wytwarzanego kodu,
- zwiększenie liczby "porzuconych" plików (tj. takich, które od dawna nie były edytowane przez żadnego z członków zespołu),
- ograniczenie rozprzestrzeniania wiedzy w projekcie.

Na szczególną uwagę zasługuje ostatni wymieniony punkt. W zwinnych metodykach zarządzania projektami stosuje się "wskaźnik autobusu", który dosłownie oznacza wskazanie ilu członków zespołu musiałoby zostać potrąconych przez autobus, aby w znaczący sposób wpłynęło to negatywnie na przyszłość prowadzonego projektu [Berteig, 2005]. Wskaźnik autobusu zwykle jest szczególnie istotny w projektach prowadzonych przez małe zespoły, gdzie każdy z członków zespołu zajmuje się pracą nad odrębną częścią systemu. W takich projektach odejście pojedynczego pracownika może doprowadzić do utraty znaczącej części wiedzy. Sytuacja zwykle inaczej się prezentuje w przypadku dużych projektów, gdzie wiedza jest znacząco bardziej rozproszona i odejście pracownika nie wpływa istotnie na dalsze prowadzenie projektu.

2.4. Charakterystyka pracowników w branży IT

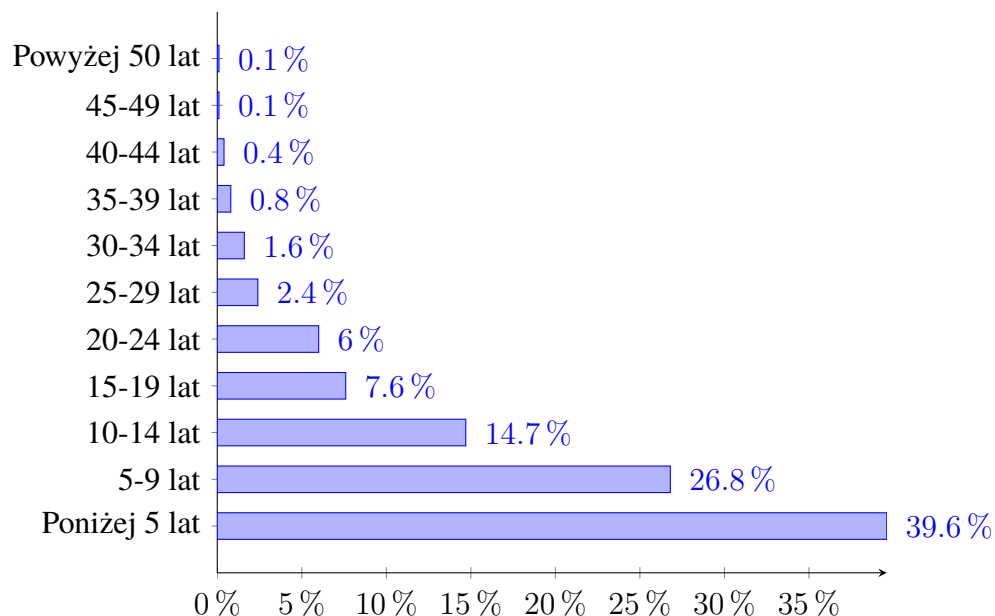
W niniejszym podrozdziale przedstawiona zostanie demografia pracowników z branży informatycznej. Opracowanie zostało przygotowane na podstawie danych z ankiety deweloperskiej przeprowadzonej przez StackOverflow w 2020 roku, w której wzięło udział około 65 tysięcy programistów z całego świata [Stack Overflow, 2020].

Na rysunku 2.1 pokazano w jakim wieku respondenci napisali swoją pierwszą linijkę kodu. Na wykresie widać, że przeważająca większość respondentów - aż 54% - miała pierwszy kontakt z programowaniem już przed 16 rokiem życia. Jednakże, wczesny kontakt z programowaniem nie przekłada się wśród respondentów na długi staż zawodowy, gdyż jak widać na rysunku 2.2 około 65% badanych osób ma mniej niż 10 lat doświadczenia zawodowego. Można domniemywać, że w związku ze wzrostem znaczenia branży IT w ciągu ostatnich kilkunastu lat oraz wzrostem zapotrzebowania na specjalistów IT na rynku pracy wzrasta zainteresowanie branżą IT wśród młodszych pokoleń. Obrazować może to fakt, że aż 70% respondentów to osoby w wieku poniżej 35 lat, co pokazuje rysunek 2.3.



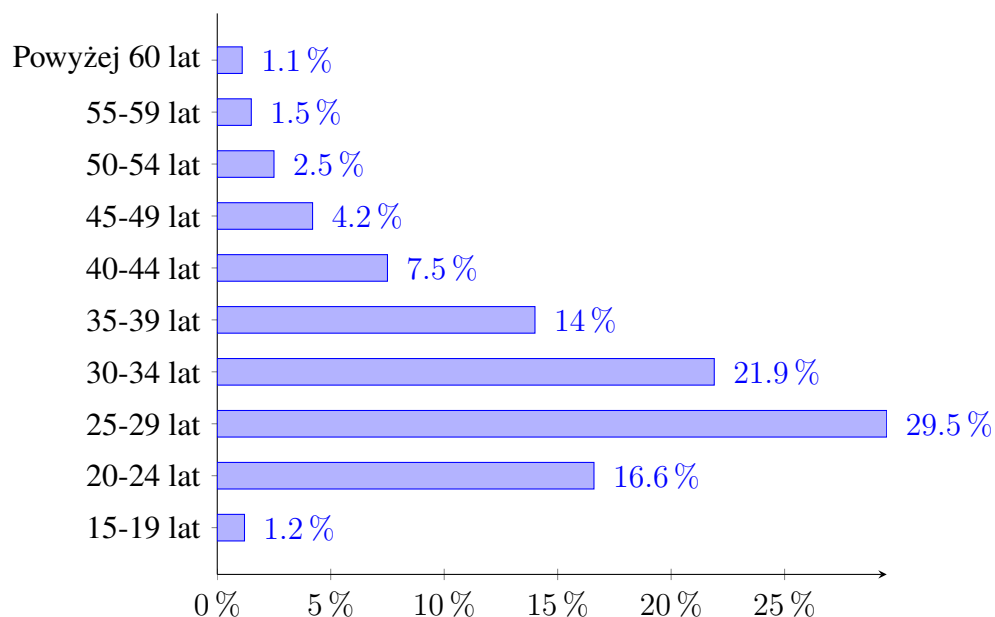
Rysunek 2.1: Rozkład wieku, w którym respondenci ankiety StackOverflow napisali pierwszą linijkę kodu

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]



Rysunek 2.2: Rozkład stażu pracy respondentów ankiety StackOverflow w latach

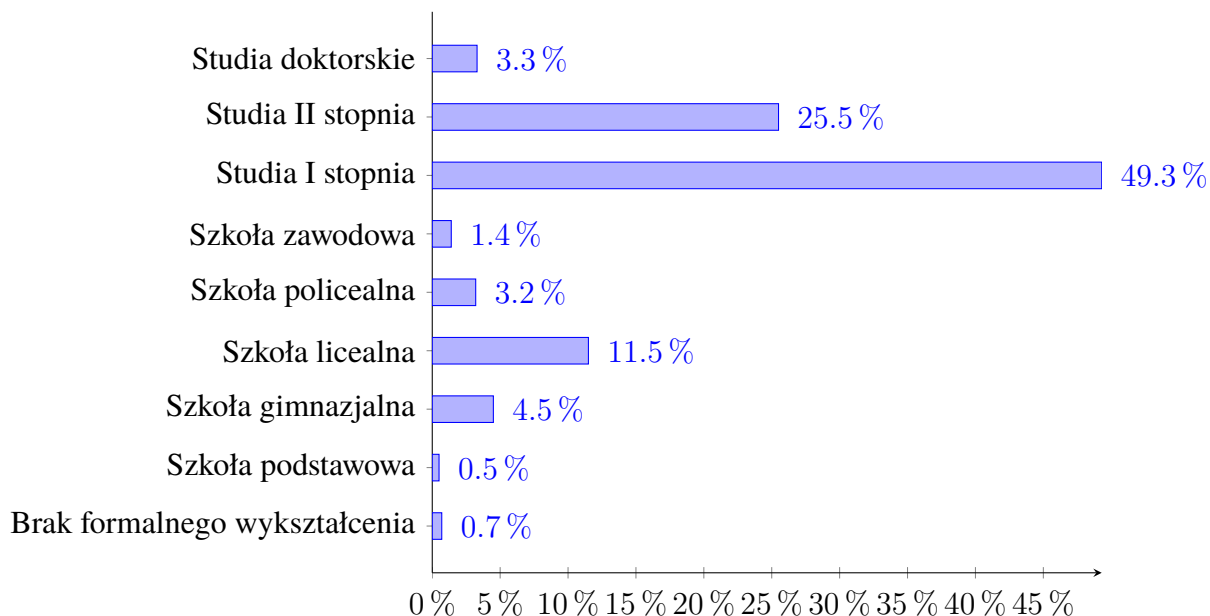
Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]



Rysunek 2.3: Rozkład wieku respondentów ankiety StackOverflow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]

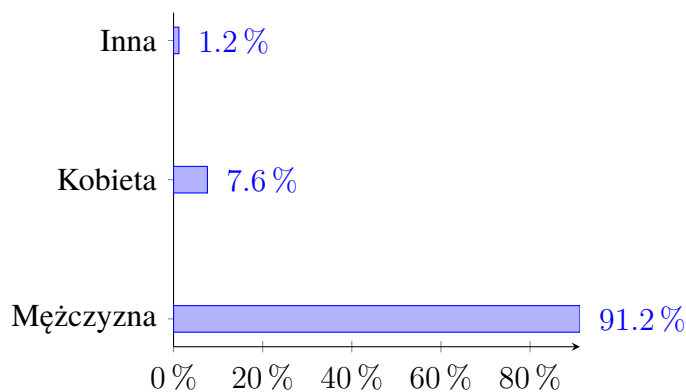
Na rysunku 2.4 pokazano jakie najwyższe wykształcenie uzyskali respondenci ankiety. Ciekawe jest, że mimo iż firmy z branży IT zwykle nie wymagają od pracowników formalnego wykształcenia, aż 75% badanych osób ma ukończone co najmniej studia I stopnia.



Rysunek 2.4: Rozkład wykształcenia respondentów ankiety StackOverflow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]

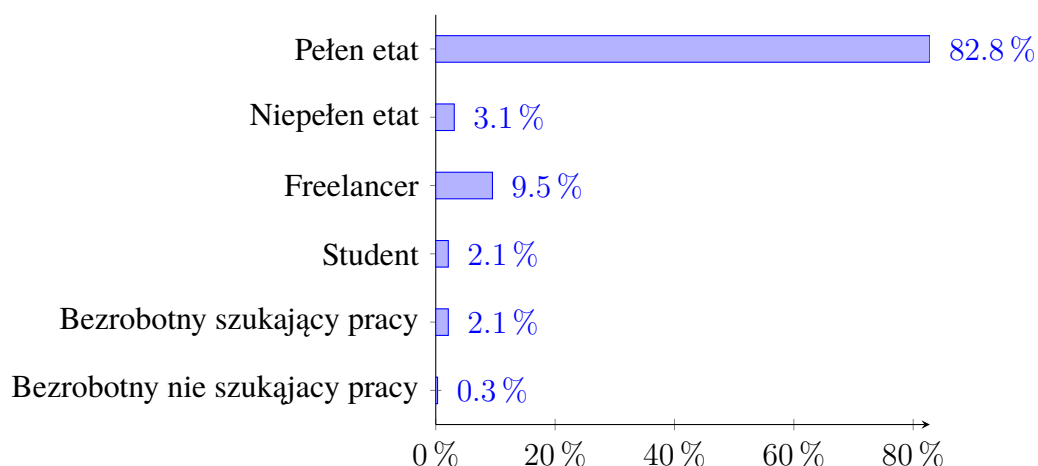
Na rysunku 2.5 przedstawiono rozkład płci respondentów i jak widać branża IT jest silnie zdominowana przez mężczyzn (ponad 90% respondentów).



Rysunek 2.5: Rozkład płci respondentów ankiety StackOverflow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]

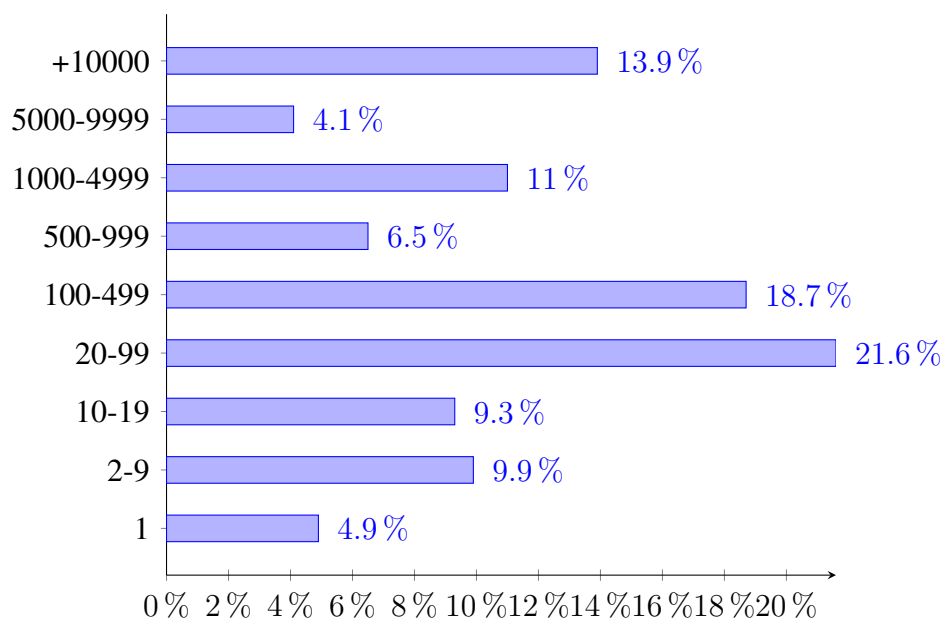
Na rysunku 2.6 przedstawiono rozkład form zatrudnienia w oparciu o które pracują respondenci. Niemal 80% respondentów zdecydowało się na podjęcie stosunku pracy w pełnym wymiarze godzin ze swoimi pracodawcami.



Rysunek 2.6: Rozkład rodzaju zatrudnienia respondentów ankiety StackOverflow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]

Rozkład rozmiaru firm w których pracują respondenci został przedstawiony na rysunku 2.7. Najwięcej jest średnich firm (od 20 do 500 pracowników) i dużych korporacji powyżej 10 tysięcy pracowników.

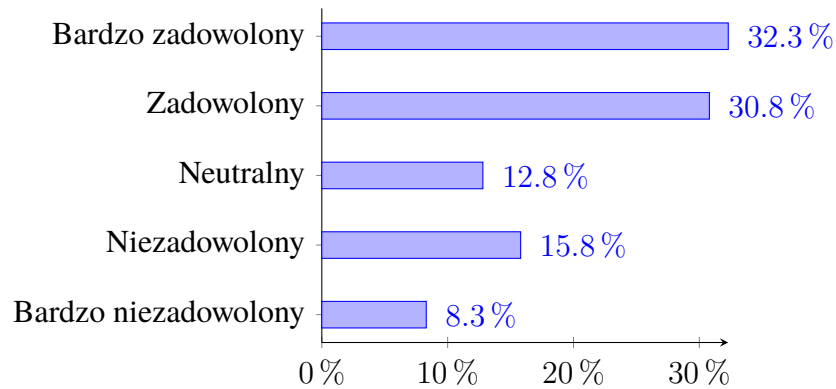


Rysunek 2.7: Rozkład rozmiaru firm, w których pracują respondenci ankiety StackOverflow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]

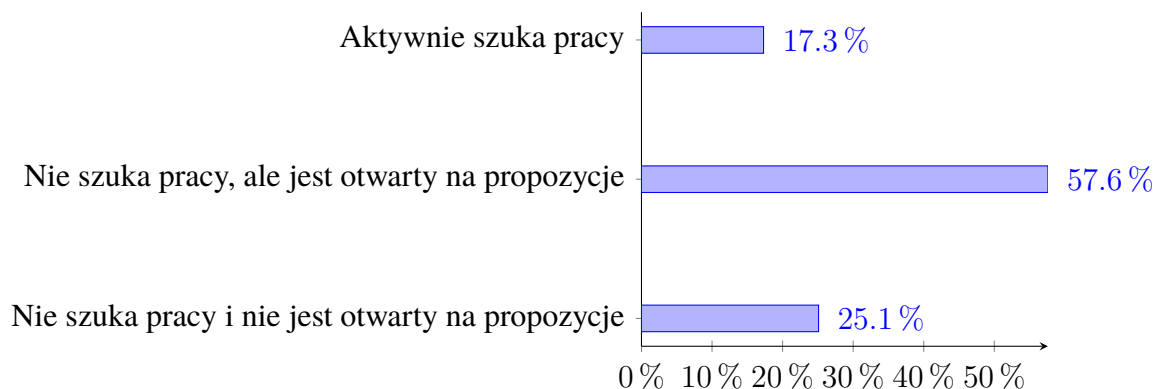
Rysunek 2.8 pokazuje, że około 63% respondentów jest zadowolona lub bardzo zadowolona z wykonywanej pracy, a jedynie około 24% respondentów jest niezadowolona lub bardzo niezadowolona z pracy. Porównując to z rysunkiem 2.9 obrazującym rozkład statusu szukania pracy widać korelację odsetka niezadowolonych respondentów z odsetkiem respondentów

aktywnie poszukujących pracy. Ciekawe natomiast jest, że aż 57,6% respondentów deklaruje, że mimo iż nie szuka aktywnie pracy, to jest otwarta na interesujące propozycje. Pokazuje to, że nawet zadowoleni z pracy pracownicy mogą być otwarci na zmianę pracy jeśli nowa oferta spotka się z ich zainteresowaniem.



Rysunek 2.8: Rozkład zadowolenia z pracy respondentów ankiety StackOverflow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]



Rysunek 2.9: Rozkład statusu szukania pracy wśród respondentów ankiety StackOverflow

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Stack Overflow, 2020]

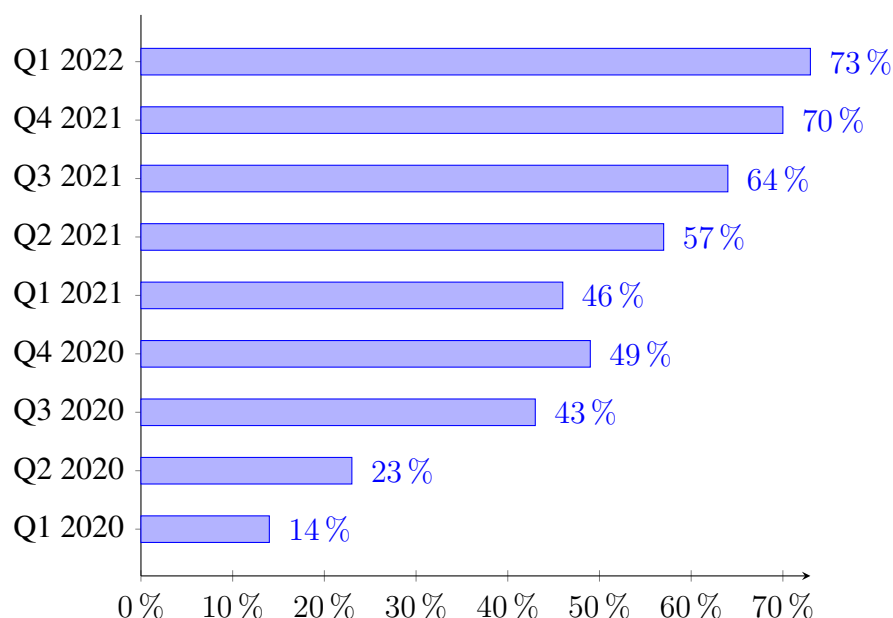
2.5. Trendy na rynku pracy

Branża informatyczna jest bardzo dynamicznie rozwijającą się branżą. Wiele trendów obserwowanych na rynku pracy związanych jest z rozwojem technologii, w tym przede wszystkim sztucznej inteligencji, urządzeń mobilnych czy wirtualnej rzeczywistości. Wraz z nowymi technologiami pojawia się większa potrzeba specjalizacji, w efekcie czego stanowisko "inżyniera oprogramowania" jest zastępowane bardziej konkretnymi stanowiskami takimi jak "programista aplikacji mobilnych na system iOS", czy "programista aplikacji webowych w technologii Java" [Sonmez, 2015].

Od 2020 roku sytuacja związana z pandemią koronawirusa miała istotny wpływ na wyłonienie się nowych trendów w branży IT. Na początku pandemii wiele firm zdecydowało się ograniczyć lub wstrzymać rekrutację, a czasem nawet zwolnić niektórych pracowników, jednak takie działania okazały się nierozsądne, gdyż wbrew obawom zapotrzebowanie na usługi informatyczne nie zmalało, a wręcz wzrosło w trakcie pandemii. Przez nałożone przez rząd ograniczenia firmy zostały zmuszone do oferowania w większym zakresie usług zdalnie, co przyczyniło się do przyspieszenia transformacji cyfrowej [Kalbarczyk, 2021].

Sytuacja pandemiczna pokazała również, że branża IT jest w stanie bardzo dobrze dostosować się do pracy zdalnej i nawet przeprowadzanie rekrutacji czy wdrażania nowych pracowników w formie zdalnej stało się branżową normą. Mniejsze znaczenie zaczęła mieć lokalizacja siedziby firmy, stąd też pracownicy coraz chętniej decydują się na pracę dla zagranicznego pracodawcy, gdzie często mogą liczyć na korzystniejsze warunki finansowe niż w przypadku pracy dla polskiej firmy [Kalbarczyk, 2021].

Na rysunku 2.10 pokazano udział ofert pracy zdalnej w stosunku do wszystkich ofert pracy w kolejnych kwartałach od 2020 do 2022 roku. W ciągu zaledwie 2 lat liczba ta wzrosła od 14% aż do 73%. Jednak liczby te nie są jedynie odzwierciedleniem sytuacji pandemicznej. Według badań przeprowadzonych we wrześniu 2021 roku przez firmę DataArt, aż 64% ankietowanych programistów byłoby gotowych złożyć wypowiedzenie, jeśli pracodawca postanowi narzucić im powrót do pracy stacjonarnej z biura [Pasterczyk, 2021].



Rysunek 2.10: Udział ofert zdalnych w stosunku do wszystkich ofert

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Ułan, 2022]

Pandemia koronawirusa nie jest jedynym istotnym w skali świata wydarzeniem mającym wpływ na sytuację rynku pracy branży IT. Z powodu rosyjskiej inwazji na Ukrainę w 2022 roku wiele firm postanowiło lub zostało zmuszonych do zawieszenia działalności swoich oddziałów w Ukrainie, Rosji i Białorusi [Błaszczak, 2022]/ Kraje te były w ostatnich latach popularnym kierunkiem outsourcingu usług ze względu na stosunkowo niski koszt zatrudnienia pracowników w porównaniu do krajów zachodnich oraz dużą liczbę wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Eksperti z firmy Everest Group oceniają, że ograniczenia działalności we wspomnianych krajach może spowodować wzrost zainteresowania Polską, Węgrami i Rumunią jako kierunkiem outsourcingu [Overby, 2022]. W Polsce częściowo może to znaleźć odzwierciedlenie w liczbie ofert pracy. Według analizy Adecco Poland w lutym 2022 roku liczba ogłoszeń była prawie o połowę większa w stosunku do grudnia 2021 roku [Błaszczak, 2022].

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

3.1. Metody badawcze

Biorąc pod uwagę rosnące zapotrzebowanie na usługi informatyczne, deficyt wykwalifikowanych pracowników [Daxx, 2022] oraz wysoki koszt rekrutacji nowych pracowników [Winter, 2016] istotne jest poszukiwanie sposobów na zwiększenie retencji pracowników IT. Badania będące przedmiotem niniejszej pracy mają na celu analizę cech skorelowanych z zadowoleniem pracowników branży IT i z ich chęcią do zmiany pracy. Badane cechy zostaną podzielone na 4 kategorie:

1. profil firmy (rozmiar firmy),
2. organizacja firmy (rozmiar zespołów, metodyka zarządzania projektem),
3. profil pracownika (wiek, płeć, staż pracy, wykształcenie),
4. preferencje pracownika (technologia, benefity pracownicze).

Powyższe kategorie dzielą cechy firmy i pracownika na 2 zasadnicze typy:

1. cechy profilowe - profil firmy i profil pracownika,
2. cechy zmienne - organizacja firmy i preferencje pracownika.

Cechy profilowe mogą być uznawane za niezmiennie w kontekście prowadzonego badania, gdyż ich zmiana może całkowicie zmienić istotne cechy podmiotu (na przykład w przypadku liczby pracowników zmiana może dotyczyć przekształcenia małej firmy w międzynarodową korporację, a w przypadku wieku pracownika zmiany z młodej osoby w osobę w wieku przedemerytalnym - w obu przypadkach oczekiwania firmy wobec pracowników i vice versa będą inne). Natomiast cechy zmienne mogą być zmieniane tak aby dostosować je do bieżących potrzeb.

Celem badania jest określenie czy i jeśli tak to jakie cechy profilu firmy i pracownika mogą mieć istotny wpływ na zadowolenie pracownika oraz czy można wyszczególnić cechy organizacyjne firmy, których modyfikacja mogłaby pozwolić na zwiększenie zadowolenia pracowników. Określenie takich cech miałoby szczególne znaczenie już na etapie rekrutacji, gdyż mogłoby umożliwić selekcjonowanie kandydatów o profilu "kompatybilnym" z profilem firmy.

Badania zostaną przeprowadzone w oparciu o ankietę developerską StackOverflow [Stack Overflow, 2011]. Ankieta ta jest przeprowadzana corocznie od 2011 roku, jednak popularność zyskała dopiero w 2016 roku, kiedy to liczba respondentów biorących udział w badaniu przekroczyła 50 tysięcy. W latach 2016-2022 liczba respondentów utrzymywała się na poziomie od 50 do 100 tysięcy. Odpowiedzi w ankiecie udzielali specjaliści z całego świata reprezentując różne grupy wiekowe i kulturowe. Tak wysoka liczba odpowiedzi i różnorodność respondentów może pozwolić na przeprowadzenie badań ilościowych i umożliwić próbę generalizacji wniosków na całą branżę IT.

Do analizy danych zostaną wykorzystane metody uczenia maszynowego, a w szczególności regresja z wykorzystaniem regresora XGBoost opartego na algorytmie wzmocnienia gradientowego. Zdecydowano się na modelowanie problemu jako regresji, a nie klasyfikacji, gdyż zadowolenie pracowników oraz chęć zmiany pracy można przedstawić na skali liczbowej Punnoose i Ajit [Punnoose and Ajit, 2016] przeprowadzili badania związane ze skutecznością przewidywania retencji pracowników w firmie z wykorzystaniem uczenia maszynowego. Klasyfikator XGBoost osiągnął aż 86% skuteczności klasyfikacji co stanowiło ponad 50% lepszy wynik niż pozostałe testowane metody klasyfikacji tradycyjnie używane podczas badania problemu fluktuacji i retencji pracowników.

3.2. Wstępne przetworzenie danych

Do przeprowadzenia badania wybrano ankiety deweloperskie StackOverflow z lat 2017, 2018, 2019 (dostępne do pobrania pod adresem <https://insights.stackoverflow.com/survey>) ze względu na to, że są to 3 najnowsze edycje ankiety w których zadano pytania o następujące 2 aspekty:

1. ocena zadowolenia z obecnie wykonywanej pracy w 10 stopniowej skali,
2. status poszukiwania pracy w 3 stopniowej skali.

W celu przygotowania danych do badania konieczne było oczyszczenie i znormalizowanie danych. Proces ten został przeprowadzony w następujący sposób:

1. Usunięto pytania, które nie mają istotnego wpływu na badany problem (na przykład pytanie dotyczące preferencji związanej z wymawianiem słowa "GIF").

2. Uwspólniono nazwy etykiet dotyczących tych samych pytań w kolejnych edycjach ankiety.
3. Usunięto odpowiedzi respondentów, którzy nie mają doświadczenia zawodowego lub nie udzielili odpowiedzi na pytania dotyczące zadowolenia z pracy i statusu poszukiwania pracy.
4. Dla pytań z odpowiedziami w skali Likerta (typu od "bardzo się nie zgadzam" do "bardzo się zgadzam") zastosowano przekształcenie na skalę liczbową.
5. Dla pytań z odpowiedziami reprezentowanymi przez kategorie, które można przedstawić w skali (na przykład edukacja) zastosowano przekształcenie na skalę liczbową.
6. Dla pytań wielokrotnego wyboru oraz dla pytań z odpowiedziami reprezentowanymi przez kategorie, których nie można przedstawić w skali (na przykład technologie) potraktowano każdą kategorię jak osobne pytanie i zastosowano kodowanie binarne (0 - niewystępuje i 1 - występuje).
7. Kraj pochodzenia respondenta po zastąpieniu kodowaniem binarnym daje w rezultacie macierz rzadką z zaledwie 1 elementem niezerowym. Z tego powodu kraj pochodzenia respondenta zastąpiono wartością wskaźnika rozwoju społecznego HDI (ang. Human Development Index) [United Nations Development Programme, 2021] odpowiednią dla danego kraju i roku badania.
8. Wynagrodzenie respondentów przeliczono na wartość w dolarach amerykańskich (USD) według kursu z 1 dnia roku w którym przeprowadzono badanie.
9. W pytaniach na które respondent nie udzielił odpowiedzi, wartości uzupełniono średnią wartością z pozostałych odpowiedzi, żeby wartości te nie wpływały negatywnie na działanie algorytmu regresji.
10. Na koniec wszystkie wartości przeskalowano aby otrzymać wartości z przedziału 0 - 1.

3.3. Selekcja cech z wykorzystaniem uczenia maszynowego

Do trenowania modelu uczenia maszynowego wykorzystano algorytm przedstawiony na listin-

Listing 3.1: Algorytm uczenia modelu regresji

gu 3.1.

```
1 from sklearn.model_selection import train_test_split
2 import xgboost as xgb
3 import pandas as pd
4 import matplotlib.pyplot as plt
5 import math
6 from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score,
  ↳ accuracy_score
7 from sklearn.feature_selection import SelectFromModel
8
9 def get_estimator(is_classifier):
10     if is_classifier:
11         return xgb.XGBClassifier(**estimator_params,
12     ↳ eval_metric='auc')
13     else:
14         return xgb.XGBRegressor(**estimator_params,
15     ↳ eval_metric='rmse')
16
17 regression_dependent_variables = ['JobSeekingStatus',
18     ↳ 'JobSatisfaction']
19 class_dependent_variables = ['JobSeekingStatus_class',
20     ↳ 'JobSatisfaction_class']
21
22 def fit_model(data, dependent_variable, is_classifier, name):
23     print(f'Fitting for {name}')
24     estimator = get_estimator(is_classifier)
25
26     X~ = data.drop(regression_dependent_variables +
27     ↳ class_dependent_variables, axis=1)
28     y~ = data[dependent_variable]
29
30     X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y,
31     ↳ test_size=0.3, stratify=y)
32     estimator.fit(X_train, y_train)
33
34     selection = SelectFromModel(estimator, threshold=.015,
35     ↳ prefit=True)
36     select_X_train = selection.transform(X_train)
37     print(f'Selected {select_X_train.shape[1]} features')
38     # train model
39     selection_model = get_estimator(is_classifier)
40     selection_model.fit(select_X_train, y_train)
41     # eval model
42     select_X_test = selection.transform(X_test)
43
44     preds = selection_model.predict(select_X_test)
45     if is_classifier:
46         print("Accuracy: %.2f" % accuracy_score(y_test, preds))
47     else:
48         print("RMSE: %.2f" %
49     math.sqrt(xgb.mean_squared_error(y_test, preds)))
```

Hiperparametry estymatora wyznaczono w oparciu o projekt Harathi [Harathi, 2018] oraz z wykorzystaniem narzędzia GridSearchCV. Dodatkowo skorzystano z metody histogramowej do budowania drzewa decyzyjnego w celu skrócenia czasu uczenia modelu [Galarnyk, 2021]. Wyznaczone parametry przedstawiono na listingu 3.2.

Listing 3.2: Parametry estmatora

```
1 estimator_params = {
2     'tree_method': "hist",
3     'single_precision_histogram': True,
4     'n_jobs': -1,
5     'n_estimators': 1500,
6     'importance_type': 'weight',
7     'use_label_encoder': False,
8     'booster': 'gbtree',
9     'scale_pos_weight': 1,
10    'reg_alpha': 5,
11    'colsample_bytree': .8,
12    'learning_rate': .1,
13    'min_child_weight': 7,
14    'subsample': .5,
15    'max_depth': 6,
16    'gamma': 0.1,
17    'reg_lambda': 1
18 }
```

Źródło: opracowanie własne

Do sprawdzenia skuteczności predykcji modelu regresji wykorzystano następujące miary:

- Pierwiastek logarytmu błędu średniokwadratowego RMSLE (ang. Root Mean Squared Logarytmic Error) - pokazuje jak bardzo predykcja jest oddalona od oczekiwanej wartości. Im niższa wartość tym lepiej.
- Współczynnik determinacji R² - pokazuje w jakim stopniu predykcja jest dopasowana do oczekiwanej wartości. Im wyższa wartość tym lepiej.

Celem modelu jest maksymalizacja R² i minimalizacja RMSLE. Dobrze dopasowany model powinien mieć wartość R² na poziomie powyżej 70% [Fernando, 2021], jednak nawet przy niskiej wartości R² model może być użyteczny jeżeli RMSLE ma wartość poniżej 10% [Alexander et al., 2015]. Natomiast przy akceptowalnym poziomie współczynnika R², model może być użyteczny jeśli RMSLE nie przekracza 50% [ResearchGate, 2017]. Ma to szczególne znaczenie w przypadku badań prowadzonych w obszarze nauk o społeczeństwie, gdyż nawet model nie oferujący bardzo wysokiej skuteczności predykcji może pozwolić na pogłębienie wglądu w kwestię zachowań społecznych.

3.4. Prezentacja wyników

todo: ()

3.5. Wnioski i analiza możliwości praktycznego zastosowania zbudowanego modelu predykcji

todo: (Analiza skuteczności (dopasowania) modelu)

Zakończenie

todo: (zakończenie)

Bibliografia

[Cron and DeCarlo, 2006]

[Dalton et al., 1982]

[Donadelli, 2015]

[Graziotin et al., 2017]

[Graziotin et al., 2018]

[Juchnowicz, 2010]

[Kozioł, 2011]

[Kozłowski, 2012]

[Król and Ludwiciński, 2006]

Spis literatury

Cron, W. L. and DeCarlo, T. E. (2006). *Darlymple's Sales Management*. John Wiley Sons, Inc, New Jersey.

Dalton, D. R., Todor, W. D., and Krackhardt, D. M. (1982). Turnover overstated: A functional Taxonomy. *Academy of Management Review*, 7.

Donadelli, S. M. (2015). The Impact of Knowledge Loss on Software Projects: Turnover, Customer Found Defects, and Dormant Files.

Graziotin, D., de Fabian Fagerholm, Fagerholm, F., and Wang, X. (2017). On the Unhappiness of Software Developers.

Graziotin, D., Fagerholm, F., Wang, X., and Abrahamsson, P. (2018). What happens when software developers are (un)happy. *ArXiv*, 432.

Juchnowicz, M. (2010). *Zarządzanie przez zaangażowanie. Koncepcja, Kontrowersje, Aplikacje*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Kozioł, L. (2011). Trychotomia czynników motywacji w pracy – zarys koncepcji. *Zeszyty Naukowe MWSE*, 19.

Kozłowski, M. (2012). *Employer branding. Budowanie wizerunku pracodawcy krok po kroku*. Oficyna Wolter Kluwer, Warszawa.

Król, H. and Ludwiciński, A. (2006). *Zarządzanie zasobami ludzkimi. Podręcznik*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- [Martin, 2014] Martin, R. C. (2014). *Czysty kod*. Helion, Gliwice.
- [Philips and Edwards, 2009] Philips, J. and Edwards, L. (2009). *Managing Talent Retention: An ROI Approach*. Pfeiffer, San Francisco.
- [Pocztowski, 2007] Pocztowski, A. (2007). *Zarządzanie zasobami ludzkimi*. PWE, Warszawa.
- [Pocztowski, 2009] Pocztowski, A. (2009). *Procesy płynności i retencji zatrudnienia w organizacji*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.
- [Punnoose and Ajit, 2016] Punnoose, R. and Ajit, P. (2016). Prediction of Employee Turnover in Organizations using Machine Learning Algorithms. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, 5.
- [Rangarajan and Tiwari, 2014] Rangarajan, K. and Tiwari, S. (2014). Evolution of Global IT Services Industry: Impact of Technological advancements and Business needs. *IOSR Journal of Business and Management*, 16.
- [Riya, 2020] Riya, J. (2020). Computer Fundamentals - Von Neumann Model. Dostęp 18.03.2022.
- [Schultz and Schultz, 2002] Schultz, D. and Schultz, S. (2002). *Psychologia a wyzwania dzisiejszej pracy*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [Sowińska, 2014] Sowińska, A. (2014). Zadowolenie z pracy - problemy definicyjne. *Studia Ekonomiczne / Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, 197.
- [Spychała et al., 2019] Spychała, M., Bartecki, T., and Brzózka, M. (2019). Employer branding – nowoczesne rozwiązanie problemu rotacji pracowników. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*.
- [Steel and Lounsbury, 2009] Steel, R. P. and Lounsbury, J. W. (2009). Turnover process models: Review and synthesis of a conceptual literature. *Human Resource Management Review*, 19.

- [Taylor, 2006] Taylor, S. (2006). *Płynność zatrudnienia. Jak zatrzymać pracowników w firmie*. Oficyna Wolters Kluwer, Kraków.
- [Woźniak, 2012] Woźniak, J. (2012). *Współczesne systemy motywacyjne*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [Woźniak, 2016] Woźniak, J. (2016). *Fluktuacja informatyków i jej przyczyny w świetle wyników badań*. Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania, Warszawa.
- [Yakovlev, 2007] Yakovlev, I. (2007). Web 2.0: Is It Evolutionary or Revolutionary? *IT Professional*, 9:43–45.
- Wykaz innych źródeł**
- [Alabbas, 2017] Alabbas, A. (2017). A Brief History of AWS. <https://mediatemple.net/blog/cloud-hosting/brief-history-aws/>. Dostęp 18.03.2022.
- [Alexander et al., 2015] Alexander, D., Tropsha, A., and Winkler, D. (2015). Beware of R2: simple, unambiguous assessment of the prediction accuracy of QSAR and QSPR models. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4530125/>. Dostęp 06.06.2022.
- [Błaszczak, 2022] Błaszczak, A. (2022). Wojna nasili niedobór kadr w IT. Napływ nowych zleceń do Polski. <https://www.rp.pl/rynek-pracy/art35856021-wojna-nasili-niedobor-kadr-w-it-naplyw-nowych-zleceń-do-polski>. Dostęp 26.05.2022.
- [Berteig, 2005] Berteig, M. (2005). Truck Factor. <https://www.agileadvice.com/2005/05/15/agilemanagement/truck-factor/>. Dostęp 26.05.2022.

- [Booz, 2018] Booz, M. (2018). These 3 Industries Have the Highest Talent Turnover Rates. <https://www.linkedin.com/business/talent/blog/talent-strategy/industries-with-the-highest-turnover-rates>. Dostęp 18.03.2022.
- [D. Pierce, 2018] D. Pierce, L. G. (2018). The WIRED Guide to the iPhone. <https://www.wired.com/story/guide-iphone/>. Dostęp 18.03.2022.
- [Daxx, 2020] Daxx (2020). 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>. Dostęp 17.01.2022.
- [Daxx, 2022] Daxx (2022). 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>. Dostęp 17.01.2022.
- [Fernando, 2021] Fernando, J. (2021). R-Squared. <https://www.investopedia.com/terms/r/r-squared.asp>. Dostęp 06.06.2022.
- [Galarnyk, 2021] Galarnyk, M. (2021). How to Speed Up XGBoost Model Training. <https://www.anyscale.com/blog/how-to-speed-up-xgboost-model-training>. Dostęp 06.06.2022.
- [Harathi, 2018] Harathi, P. (2018). Stack Overflow Survey Analysis. <https://medium.com/@s.pranaav.harathi/stack-overflow-survey-analysis-ed45127691b>. Dostęp 06.06.2022.
- [Kalbarczyk, 2021] Kalbarczyk, A. (2021). Sytuacja na rynku pracy IT w dobie koronawirusa. <https://itwiz.pl/sytuacja-na-ryнку-pracy-it-w-dobie-koronawirusa>. Dostęp 26.05.2022.

- [Nesh, 2021] Nesh (2021). Employee Turnover = Knowledge Loss? Let's change the equation. <https://hellonesh.io/employee-turnover-knowledge-loss-lets-change-the-equation>. Dostęp 26.05.2022.
- [Overby, 2022] Overby, S. (2022). Wojna w Ukrainie stawia globalny outsourcing IT w trudnej sytuacji. <https://www.computerworld.pl/news/Wojna-w-Ukrainie-stawia-globalny-outsourcing-IT-w-trudnej-sytuacji,437151.html>. Dostęp 26.05.2022.
- [PAIH, 2021] PAIH (2021). Polska Izba Informatyki i Telekomunikacji i Polska Agencja Inwestycji i Handlu łączą siły by promować branżę teleinformatyczną. https://www.paih.gov.pl/20210322/wspolpraca_piit_i_paih. Dostęp 18.03.2022.
- [Pasterczyk, 2021] Pasterczyk, J. (2021). Przymusowy powrót do biura z home office? W branży IT 64 proc. wróciłoby z wypowiedzeniem. <https://geek.justjoin.it/przymusowy-powrot-do-biura-z-home-office-w-branzy-it-64-proc-wrociloby-z-wypowiedzeniem>. Dostęp 26.05.2022.
- [ResearchGate, 2017] ResearchGate (2017). What's the acceptable value of Root Mean Square Error (RMSE), Sum of Squares due to error (SSE) and Adjusted R-square? <https://www.researchgate.net/post/Whats-the-acceptable-value-of-Root-Mean-Square-Error-RMSE-Sum-of-Squares-due-to-error-SSE-and-Adjusted-R-square>. Dostęp 06.06.2022.
- [Rojewska, 2020] Rojewska, K. (2020). Najciekawsze benefitsy oferowane przez firmy IT. <https://noffjobs.com/blog/najciekawsze-benefity-oferowane-przez-firmy-it/>. Dostęp 18.03.2022.

- [Software Mind, 2021] Software Mind (2021). Why choose Poland for IT Outsourcing in 2021? <https://softwaremind.com/why-choose-poland-for-it-outsourcing-top-factors/>. Dostęp 18.03.2022.
- [Sonmez, 2015] Sonmez, J. Z. (2015). Specialists vs. polyglots – What kind of software developer are you? <https://jaxenter.com/specialists-vs-polyglots-what-kind-of-software-developer-are-you-120333.html>. Dostęp 26.05.2022.
- [Stack Overflow, 2011] Stack Overflow (2011). Stack Overflow Annual Developer Survey. <https://insights.stackoverflow.com/survey>. Dostęp 06.06.2022.
- [Stack Overflow, 2020] Stack Overflow (2020). 2020 Developer Survey. <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020>. Dostęp 23.05.2022.
- [Trikha, 2021] Trikha, R. (2021). Which Country Would Win in the Programming Olympics? <https://blog.hackerrank.com/which-country-would-win-in-the-programming-olympics/>. Dostęp 18.03.2022.
- [Ułan, 2022] Ułan, G. (2022). Złoty okres na specjalistów IT - wygląda na to, że praca zdalna pozostanie w branży IT na stałe. <https://antyweb.pl/praca-zdalna-w-it>. Dostęp 26.05.2022.
- [United Nations Development Programme, 2021] United Nations Development Programme (2021). Human Development Index. <https://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>. Dostęp 06.06.2022.
- [U.S.News, 2022] U.S.News (2022). Software Developer. <https://money.usnews.com/careers/best-jobs/software-developer>. Dostęp 17.01.2022.

[Winter, 2016]

Winter, T. (2016). 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>. Dostęp 17.01.2022.

Spis tabel

1.1	Rodzaje fluktuacji	8
1.2	Heurystyka do oceny wysokiego poziomu fluktuacji	9
1.3	Najczęściej pojawiające się cechy w modelach fluktuacji	10
1.4	Najczęściej pojawiające się cechy w modelach fluktuacji (ciąg dalszy)	11
1.5	Czynniki organizacyjne wpływające na zadowolenie pracowników	12
1.6	Czynniki osobowe wpływające na zadowolenie pracowników	12
1.7	Wpływ czynników motywacji na zadowolenie pracowników	13
1.8	Czynniki kształtujące zaangażowanie	14
1.9	Typy kosztów związanych z fluktuacją	15
2.1	Przyczyny niezadowolenia pracowników w branży IT	20

Spis rysunków

1	Niedobór wykwalifikowanych pracowników IT na świecie	4
2.1	Rozkład wieku, w którym respondenci ankiety StackOverflow napisali pierwszą linię kodu	22
2.2	Rozkład stażu pracy respondentów ankiety StackOverflow w latach	23
2.3	Rozkład wieku respondentów ankiety StackOverflow	23
2.4	Rozkład wykształcenia respondentów ankiety StackOverflow	24
2.5	Rozkład płci respondentów ankiety StackOverflow	24
2.6	Rozkład rodzaju zatrudnienia respondentów ankiety StackOverflow	25
2.7	Rozkład rozmiaru firm, w których pracują respondenci ankiety StackOverflow .	25
2.8	Rozkład zadowolenia z pracy respondentów ankiety StackOverflow	26
2.9	Rozkład statusu szukania pracy wśród respondentów ankiety StackOverflow . .	26
2.10	Udział ofert zdalnych w stosunku do wszystkich ofert	27

Spis kodów źródłowych

3.1	Algorytm uczenia modelu regresji	33
3.2	Parametry estmatora	34

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 (przyczocone 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