

Podsumowanie konsultacji opisu kwalifikacji

Nr 29 Programowanie modeli uczenia maszynowego

Przeprowadzonych w ramach umowy nr 53/2020 z 28.02.2020

Część 1. Analiza kwalifikacji – tabela szczegółowa

Lp.	Wybrane pole wniosku	Zapis budzący wątpliwość wraz z propozycją zmiany (recenzenci)	Uwaga – uzasadnienie (recenzenci)	Odniesienie się do uwag (zespół ekspercki)
1.	Nazwa kwalifikacji	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2 Programowanie modeli uczenia maszynowego	Określenie 'Programista modeli uczenia maszynowego' można rozumieć przynajmniej na dwa sposoby i z opisu kwalifikacji nie wynika, które interpretacji dotyczy ta kwalifikacja. Jedna możliwa interpretacja to, że programista trenuje modele z użyciem gotowych frameworków (np scikit learn/mlr3). W tym przypadku zadań programistycznych nie	Kwalifikacja dotyczy obu tych opcji. Uważamy, że nazwa kwalifikacji sugeruje obydwie interpretacje. Osoba posiadająca kwalifikację będzie musiała się odnaleźć w każdej z opisanych przez recenzenta sytuacji. Uwaga nieuwzględniona.

			ma zbyt wiele, znajomość szczegółowa algorytmów również nie jest wymagana, ale ważna jest dobra znajomość określonych frameworków. Druga możliwa interpretacja to programista, który w Pythonie, R, C++, java czy innym języku implementuje „od zera” określone/nowe algorytmy ML. Ta opcja wymaga zdecydowanie większych umiejętności programistycznych, ale też wydaje się że zapotrzebowanie na nią jest znacznie mniejsze. Zdecydowana większość prac przy ML to korzystanie z gotowych frameworków. W opisie specjalizacji powinna zostać sprecyzowane, czy chodzi o programistę trenującego modele w określonych frameworkach, czy takiego, który ma to zaimplementować je od podstaw.	
2	Krótką charakterystyką kwalifikacji oraz koszt uzyskania dokumentu potwierdzającego	Recenzent 1 W opisie wielokrotnie pada nazwa uczenie maszynowe i skrót „ML”. W dyskusji w części recenzji „Inne uwagi”, podkreślam, że uczenie		Odnosnie do nazw angielskich – postulujemy pozostanie przy tej wersji. Dominującym językiem dla dziedziny jest język angielski. Wprowadzenie polskich odpowiedników mogłoby wprowadzić nieporozumienia związane z ich interpretacją. Uwaga nie

	otrzymanie kwalifikacji	danej maszynowe obejmuje także pojęcie głębokiego uczenia maszynowego. Jako zmianę proponuję: a. ,W przypadku pozostawienia osobnej kwalifikacji dotyczącej programowania sieci głębokiego uczenia maszynowego dodanie informacji, że kwalifikacja ta nie obejmuje głębokiego uczenia maszynowego lub b. w przypadku usunięcia kwalifikacji dotyczącej programowania sieci głębokiego uczenia maszynowego, pozostawienie opisu w tym brzmieniu, , Ewentualnie proponuję doprecyzować, że pojęcie ML obejmuje też głębokie uczenie maszynowe. Ponadto, w opisie jest zdefiniowane, że osoba posiadająca kwalifikację może być audytorem systemów ML. Myślę, że to jednak zbyt wysokie wymaganie dla kwalifikacji, którą odczytuję jako opis młodszego specjalisty ML. Proponuję wykreślić stwierdzenie „audytor systemów ML” Kwota 4500 zł w żaden sposób		została uwzględniona. Wprowadzanie zapisów „czego nie obejmuje ta kwalifikacja” wydaje się niezgodne z metodyką opisu kwalifikacji w ZSK. Uwaga nieuwzględniona Zgadzamy się z sugestią. Usunęliśmy z formularza zapis „audytor systemów ML”.
--	--------------------------------	--	--	--

		nie jest uzasadniona. Nie wiadomo z czego wynika. Trudno się zatem do tej kwoty merytorycznie odnieść. Podobnie jest w przypadku orientacyjnego nakładu pracy liczba godzin nie jest w żaden sposób uzasadniona. Porównując to z opisem kwalifikacji budowy architektury modeli ML, można zauważyć, że w tym przypadku kwota 4500 zł wynika z 450 godzin, a opisie omawianej kwalifikacji ta sama kwota wynika z 320 godzin.		Uwaga uwzględniona. Nie zgadzamy się z subiektywną oceną recenzenta dotyczącą kosztów kwalifikacji i liczby godzin. Koszt uzyskania certyfikatu został zaproponowany w oparciu o następujące kategorie: wynagrodzenie członków komisji projektującej walidację, wynagrodzenie członków komisji walidacyjnej, koszt wynajmu pomieszczeń itd. Jest to orientacyjny koszt uzyskania kwalifikacji i może się zmieniać. Orientacyjny nakład pracy szacowany był w oparciu o studia podyplomowe. Natomiast rzeczywisty czas zależy od indywidualnych możliwości osoby przystępującej do walidacji. Uwagi nieuwzględnione.
--	--	---	--	---

		Recenzent 2 Koszt 4500zł	Brak uzasadnienia skąd ten koszt. Poza tym: - Kolokwialne określenie 'pakuje się w API' lepiej zastąpić bardziej precyzyjnym opisem o jakie API chodzi. Czy kwestia dostępności przez serwisy typu REST czy o transfer na konkretne urządzenie (np. mobilne) czy opakowanie a bibliotekę dla języka programowania. 'Zasady porządkowania kodu' to mało precyzyjny opis. Jeżeli chodzi o standardy czystego kodu stosowane w inżynierii oprogramowania to warto wskazać o jakie zasady chodzi (można wskazać np. książkę Clean Code).	Koszt uzyskania certyfikatu został zaproponowany w oparciu o następujące kategorie: wynagrodzenie członków komisji projektującej walidację, wynagrodzenie członków komisji walidacyjnej, koszt wynajmu pomieszczeń itd. Jest to orientacyjny koszt uzyskania kwalifikacji i może się zmieniać. Uwaga nieuwzględniona. Dziękujemy recenzentowi za wychwycenie oczywistego kolokwializmu. Zamieniliśmy w formularzu zapis: „pakuje się w API” na zapis: „zapewnia interfejs programistyczny aplikacji (np. typu rest lub mobilny)”. Uwaga uwzględniona. Zamieniliśmy w formularzu zapis: „Zasady porządkowania kodu” na zapis: „<u>Zasady porządkowania kodu (np. wg systemu Python Enhancement Proposals – PEP)</u>”. Uwaga uwzględniona.
--	--	--	---	--

3.	Grupy osób, które mogą być zainteresowane uzyskaniem kwalifikacji	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2 pracownicy dużych firm technologicznych	Czy pracownicy małych firm technologicznych nie będą zainteresowani?	Oczywiście również oni mogą być zainteresowani. To pole nie stanowi wyczerpującego katalogu osób zainteresowanych. Uwaga nieuwzględniona.
4.	Wymagane kwalifikacje poprzedzające	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2 Kwalifikacja pełna z VI poziomem Polskiej Ramy Kwalifikacji	Jeżeli dobrze rozumiem to kwalifikacja VI odpowiada tytułowi inżyniera/licencjata. Jeżeli tak to trzeba określić w jakim zakresie, czy chodzi o inżyniera/licencjata, informatyki czy też dowolnego	Wykształcenie to nie tylko rzemieślnicze umiejętności, lecz także umiejętność uczenia się i rozwiązania problemu. Zakłada się, że „Kwalifikacja pełna z VI poziomem Polskiej Ramy Kwalifikacji” jest wystarczającym wymogiem. Uwaga nieuwzględniona.
5.	W razie potrzeby warunki, jakie musi spełniać osoba przystępująca do walidacji:	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2		

6.	Zapotrzebowanie na kwalifikację	Recenzent 1 Opis ten jest bardzo podobny do opisu podobnych kwalifikacji z zakresu Sztucznej Inteligencji i Głębokiego Uczenia Maszynowego (patrz: dyskusja w części „inne uwagi”). To pokazuje jak podobne do siebie są te kwalifikacje. Wskazuje to na potencjalną nadmiarowość kwalifikacji dotyczących głębokiego uczenia maszynowego i Sztucznej Inteligencji.		Zgadzamy się z opinią recenzenta. Uwaga uwzględniona.
		Recenzent 2 Za każdym razem gdy pojawiają się skróty (ML/AI/R&D) powinny najpierw się pełne nazwy. W tej chwili w opisie przemieszane są polskie skróty (np. SI) z angielskimi skrótami opisującymi tą samą rzecz (np. AI). Zamiast R&D można spokojnie pisać B+R (od Badania i Rozwój).		Odnosnie do nazw angielskich – postulujemy pozostanie przy tej wersji. Dominującym językiem dla dziedziny jest język angielski. Wprowadzenie polskich odpowiedników mogłoby wprowadzić nieporozumienia związane z ich interpretacją. Uwaga nie została uwzględniona. Uwaga częściowo uwzględniona.

7.	Odniesienie do kwalifikacji o zbliżonym charakterze oraz wskazanie kwalifikacji ujętych w ZRK zawierających wspólne zestawy efektów uczenia się	Recenzent 1 W przypadku pozostawienia kwalifikacji „Programowanie sieci głębokiego uczenia maszynowego (deep learning)” lub kwalifikacji „Projektowanie systemów architektury systemów Sztucznej Inteligencji”, należy w tym punkcie koniecznie wskazać, że są to kwalifikacje o bardzo zbliżonym charakterze. Być może nawet, jak wykazuję w dyskusji w części „inne uwagi”, są to nawet tożsame kwalifikacje. Wymaga to na pewno uporządkowania. Sugeruję usunięcie kwalifikacji związanej ze Sztuczną Inteligencją, a w przypadku głębokiego uczenia maszynowego, należałoby dodać, że kwalifikacja programowanie sieci głębokiego uczenia maszynowego (deep learning) jest powiązana z kwalifikacją Programowanie modeli uczenia maszynowego w taki sposób, że głębokie uczenie maszynowe jest poddziedziną uczenia maszynowego. Więcej o tym w dyskusji w „Inne uwagi”.		Wszystkie pięć opisywanych kwalifikacji ma zbliżony w pewnym sensie charakter – problem ten został opisany w uwagach ogólnych w dalszej części dokumentu.

		Recenzent 2 W praktyce rynkowej wiele osób łączy kompetencje programisty ML oraz architekta ML.	Zgadzam się ze zdaniem, że w praktyce rynkowej wiele osób łączy kompetencje programisty i architekta. Wynika to z faktu, że systemy AI/ML są zazwyczaj budowane z użyciem zwinnych metodyk, gdzie rozróżnienie pomiędzy projektem architektury a implementacją nie jest wyraźne. W klasycznej inżynierii oprogramowania wyróżnia się role architekta systemu (najczęściej pojedyncze osoby) oraz programistów (często duże zespoły). Architekt nakreśla projekt którego realizacja może wymagać dziesiątek osobomiesięcy pracy programistów. W przypadku obszaru AI/ML specyfika pracy jest inna. Poza nielicznymi wąskimi	Zgadzamy się z opinią recenzenta. Uważamy, że z punktu widzenia podziału efektów uczenia się – każda z tych opcji jest poprawna (a nawet możliwe są warianty kombinowane). Podmiot składający wniosek o wprowadzenie wytworzonych opisów do rejestru powinien podjąć świadomą decyzję, który z wariantów wybiera, opierając się na analizie rynku i planowanym modelu biznesowym procesu walidacji i certyfikacji. Uwaga częściowo uwzględniona

			zastosowaniami, zazwyczaj budowanie sieci to składanie z gotowych komponentów wielu różnych wariantów sieci/różnych modeli. Z tego powodu sugeruję połączenie obu kwalifikacji (programisty ML i architekta ML) lub wyraźniejsze określenie różnic pomiędzy tymi kwalifikacjami.	
8.	Typowe możliwości wykorzystania kwalifikacji	Recenzent 1 Należy usunąć punkt „audytor systemów ML”	Audytor systemów ML sprawdza też poprawność zaprojektowanych algorytmów, a to wykracza poza tę kwalifikację.	Zgadzamy się z opinią recenzenta, usunęliśmy z formularza zapis: „audytor systemów ML”. Uwaga uwzględniona.
		Recenzent 2 -		
9.	Wymagania dotyczące walidacji i podmiotów przeprowadzających walidację	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2 - 1. konto kandydatki/kandydata na GITHUBie, architektura: aktywność na portalach typu	Do rozważenia: poza testem teoretycznym wiele punktów jest bardzo subiektywnych. W przypadku studiów stacjonarnych taki subiektywizm ma mniejszy efekt, ponieważ	

		STACK OVERFLOW, 2. czasopisma naukowe z dziedziny ML i DL.	prowadzący obserwują studentów przez cały semestr. Ale w przypadku jednej rozmowy walidującej umiejętności warto zaplanować ilościowe kryteria, które zmniejszą subiektywizm oceny na podstawie rozmowy i też nakreśla komisji wali dużej poziom zaawansowania osoby o określonych kwalifikacjach. Np. liczba lat doświadczenia, liczba zaimplementowanych algorytmów, ich złożoność. Ad 1. Serwisy typu GitHub mogą być modne w jednym roku a niemodne za dwa lata (patrz GitLab, SVN itp). Lepiej w tym miejscu opisać co będzie analizowane (wytrenowane modele, opisy przypadków użycia, kody źródłowe) a nie miejsce w którym te artefakty będą przechowywane. Ad 2. Jeżeli chodzi o czasopisma to należy wymienić albo liczbę albo wskazać czasopisma z nazwy. Wszystkich czasopism ML/AI jest bardzo wiele, większość płatna i wątpię by którakolwiek	Pozostawiamy to do decyzji IC. Uwaga nieuwzględniona. Dodaliśmy w formularzu zapis: „na serwisie typu GITHUB”. Uwaga uwzględniona. Uważamy, że zapis „czasopisma naukowe z dziedziny ML i DL” jest wystarczający i nikt nie
--	--	---	---	--

			instytucja była w stanie zapewnić dostęp do wszystkich.	zakłada, że muszą to być wszystkie czasopisma z tej dziedziny, wyboru dokona IC. Uwaga nieuwzględniona.
10.	Opis efektów uczenia się obejmujący syntetyczną charakterystykę efektów uczenia się, zestawy efektów uczenia się, poszczególne efekty uczenia się w zestawach wraz z kryteriami weryfikacji ich osiągnięcia Syntetyczna charakterystyka efektów uczenia się Zestawy efektów uczenia się:	Recenzent 1 Brak uzasadnienia dla liczby godzin przypisanych do zestawów efektów uczenia.		Metodyka opisu kwalifikacji rynkowej nie wymaga uzasadnienia liczby godzin zaproponowanych dla zestawów uczenia się. Uwaga nieuwzględniona.
		Recenzent 2 1. Omawia mocne i słabe strony (w tym możliwości sprzętowe) różnych języków programowania; 2. Omawia wybrane frameworki, które są możliwe do zastosowania w ML. 3. Omawia możliwości implementacji algorytmów ML Analizuje dokumentację modelu przygotowaną przez architekta systemów ML;	Ad 1. nie jest jasne jak możliwości sprzętowe mają się do języków programowania. Czy chodzi o wykorzystanie dodatkowych peryferiów sprzętowych (GPU/TPU)? Czy chodzi o charakterystykę języków wspierających zrównoleglanie na poziomie wątków? Ad 2. Warto wskazać o jakie przykładowe frameworki chodzi. Scikitlearn, mlr3, caret, mahout? Ad 3. Efektywna implementacja boostingu jest bardzo skomplikowana i wymaga dobrej znajomości	Ad 1. Usunęliśmy z formularza zapis: „(w tym możliwości sprzętowe)”. Zapis uogólniono. Uwaga uwzględniona. Ad 2. Do zapisu formularza: „Omawia wybrane frameworki, które są możliwe do zastosowania w ML” dodaliśmy zapis: “(np. Scikitlearn, mlr3, caret, mahout)”. Uwaga uwzględniona. Ad 3.

			sprzętu oraz założeń dotyczących danych. Warto określić jak dużej wiedzy o algorytmach optymalizacji oczekuje się od kandydata. Ad 4. Warto zaznaczyć w jakim standardzie/języku może być przygotowana taka dokumentacja. Czy naturalnym czy też bardziej formalnym (UML?)	To bardzo szczegółowy przykład (jeden z wielu możliwych), proponujemy pozostawić tę uwagę do rozstrzygnięcia przez komisję pracującą w IC. Uwaga nieuwzględniona. Ad. 4. Proponujemy język naturalny, jednak ostateczna decyzja w tym obszarze należy do IC, ponieważ inne rozwiązania również są możliwe i poprawne. Uwaga nieuwzględniona.
11.	Okres ważności dokumentu potwierdzającego nadanie kwalifikacji i warunki przedłużenia jego ważności	Recenzent 1		
		-		
		Recenzent 2		
		-		
12.	Nazwa dokumentu potwierdzającego nadanie kwalifikacji	Recenzent 1		
		-		
		Recenzent 2		
		-		
13.	Uprawnienia związane z posiadaniem kwalifikacji	Recenzent 1		
		-		
		Recenzent 2		

		-		
14.	Kod dziedziny kształcenia	Recenzent 1		
		-		
		Recenzent 2		
		-		
15.	Kod PKD	Recenzent 1		
		-		
		Recenzent 2		
		-		

Część 2. Ogólne uwagi na temat kwalifikacji

Pytania ogólne	Uwaga – uzasadnienie (recenzenci)	Odniesienie się do uwag (zespół ekspercki)
Czy projekt opisu kwalifikacji zawiera informacje wyraźnie pokazujące potrzebę jej włączenia do ZSK?	Recenzent 1 TAK Projekt opisu kwalifikacji we właściwy sposób przedstawia potrzebę włączenia kwalifikacji do ZSK. Należy jednak zwrócić uwagę, że opis ten jest bardzo podobny do opisu podobnych kwalifikacji z zakresu Sztucznej Inteligencji i Głębokiego Uczenia Maszynowego (patrz dyskusja w „inne uwagi”). To pokazuje jak podobne do siebie są te kwalifikacje. Wskazuje to na potencjalną nadmiarowość kwalifikacji dotyczących głębokiego uczenia maszynowego i Sztucznej Inteligencji.	Całkowicie zgadzamy się z uwagami recenzenta. Warto zauważyć, że opisy pięciu kwalifikacji: 3) Budowanie architektury głębokiego uczenia maszynowego, 4) Budowanie architektury modeli uczenia maszynowego, 28) Programowanie sieci głębokiego uczenia maszynowego, 29) Programowanie modeli uczenia maszynowego, 32) Projektowanie architektury systemów sztucznych inteligencji, zostały zamówione w postępowaniu prowadzonym przez Instytut Badań Edukacyjnych i jako przedmiot zamówienia te właśnie pięć kwalifikacji zostało opisane. Dyskutując wspólnie nad opisem pięciu wymienionych kwalifikacji, przyjęliśmy liczbę pięciu opisów i ich podział jako narzucony przez IBE i tak też zostało wykonane , zadanie. Jednak w zależności od przyjętej perspektywy – bardziej rynkowej (aplikacyjnej) czy też naukowej – rekomendujemy podmiotom korzystającym z wytworzonych opisów analizę swoich potrzeb i planów biznesowych, a

		następnie podjęcie decyzji o zgłoszeniu pięciu kwalifikacji (takich jak powstały) lub trzech (obejmujących tematy: 1) sztucznej inteligencji; 2) architektury i programowania modeli deep learning; 3) architektury i programowania modeli machine learning) lub jednej (obejmującej zintegrowane zagadnienia pojawiające się we wszystkich pięciu kwalifikacjach). Uważamy, że z punktu widzenia podziału efektów uczenia się – każda z tych opcji jest poprawna (a nawet możliwe są warianty kombinowane). Podmiot składający wniosek o wprowadzenie wytworzonych opisów do rejestru powinien podjąć świadomą decyzję, który z wariantów wybiera, opierając się na analizie rynku i planowanym modelu biznesowym procesu walidacji i certyfikacji.
	Recenzent 2 TAK Opis z sekcji „zapotrzebowanie na kwalifikacje” opisuje rosnące zainteresowanie umiejętnościami z obszaru sztucznej inteligencji, w tym modelami uczenia maszynowego. Zgadza się to też z moimi obserwacjami. Również uważam, że zapotrzebowanie na takie umiejętności będzie rosło. Nie jestem jednak przekonany czy potrzebne są dwie bardzo podobne kwalifikacje (jedna dotyczy architektury, druga programowania). Proponuję połączyć dwie kwalifikacje (‘Budowa architektury uczenia maszynowego’ i ‘Programowanie modeli uczenia maszynowego’) w jedną.	j.w.

Czy w Pani/Pana odczuciu można spodziewać się dużego zainteresowania otrzymaniem certyfikatu wydanego przez instytucję certyfikującą w ramach Zintegrowanego Systemu Kwalifikacji?	Recenzent 1 NIE Prawdopodobnie taka kwalifikacja może być wymagana w przetargach publicznych związanych outsourcingiem specjalistów z zakresu Uczenia Maszynowego. Trudno powiedzieć czy przez to zainteresowanie może być duże, ale jest taka potencjalna możliwość. W przypadku zatrudniania członków zespołów Data Science, w firmach, które się w tej tematyce specjalizują, certyfikat taki raczej nie będzie potrzebny, bo firmy takie właściwie ocenią umiejętności kandydata podczas rozmowy kwalifikacyjnej. Trudno jest jednoznacznie wskazać stopień zainteresowania, ale w mojej opinii nakład środków na stworzenie i utrzymanie kwalifikacji będzie raczej niewspółmierny do potencjalnych korzyści i zainteresowania kwalifikacją.	Opinia recenzenta może być prawdziwa, jednak jest to bardzo uzależnione od sytuacji na rynku pracy i segmentu, w którym pracuje firma.
	Recenzent 2 TAK Już obecnie uczelnie kształcą tysiące osób o podanym profilu umiejętności. Obserwując zapotrzebowanie na te umiejętności w dojrzałych gospodarkach można oczekiwać, że ta liczba wzrośnie w najbliższych latach kilkukrotnie.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.

Czy nazwa kwalifikacji, nazwy zestawów, efekty uczenia się i kryteria weryfikacji stanowią spójną całość?	Recenzent 1 TAK Nazwa kwalifikacji, nazwy zestawów, efekty uczenia się i kryteria weryfikacji stanowią spójną całość, z zastrzeżeniami sformułowanymi w punkcie 2. i 10. w części 1. Zaznaczyłem odpowiedź „TAK” przy założeniu uwzględnienia tych poprawek.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
	Recenzent 2 TAK Opisy są dosyć spójne. Szczegółowe uwagi do nazw i opisów umieściłem powyżej w pierwszej części recenzji.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
Czy projekt opisu kwalifikacji zawiera wszystkie efekty uczenia się i kryteria weryfikacji niezbędne do wykonywania czynności wskazanych w kwalifikacji?	Recenzent 1 TAK Projekt opisu kwalifikacji zawiera wszystkie efekty uczenia się i kryteria weryfikacji niezbędne do wykonywania czynności wskazanych w kwalifikacji, z zastrzeżeniami sformułowanymi w punkcie 10. w części 1. Zaznaczyłem odpowiedź „TAK” przy założeniu uwzględnienia tych poprawek.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
	Recenzent 2 Opis kwalifikacji i kryteria weryfikacji pokrywają	Zgadzamy się z opinią recenzenta.

	większość niezbędnych czynności.	
Czy efekty uczenia się w kwalifikacji są spójne ze wskazaną grupą adresatów?	Recenzent 1 TAK Efekty uczenia się w kwalifikacji są spójne ze wskazaną grupą adresatów. Wiele osób obecnie chciałoby się przekwalifikować w kierunku Uczenia Maszynowego. Są to grupy osób wymienione w opisie kwalifikacji. Ponadto potwierdzam, że praktycy nie mający formalnego wykształcenia w tym kierunku mogą chcieć potwierdzić te umiejętności odpowiednim certyfikatem. Myślę jednak, że w tym przypadku kluczowe jest ich doświadczanie projektowe i ocena przez kierownika zatrudniającego kandydata.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
	Recenzent 2 TAK Tak, choć warto doszczegółowić kim są adresaci. Obecnie wskazani są praktycznie wszyscy programiści, ale warto uszczegółowić czy wymagane jest kilkuletnie doświadczenie czy do kwalifikacji mogą podejść też osoby na stanowiskach juniorskich.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
Czy projekt opisu kwalifikacji w opinii recenzenta jest zrozumiały dla osób zainteresowanych	Recenzent 1 TAK	Zgadzamy się z opinią recenzenta.

uzyskaniem kwalifikacji?	Projekt opisu kwalifikacji w opinii recenzenta jest zrozumiały dla osób zainteresowanych uzyskaniem kwalifikacji. Wątpliwość może jedynie budzić to, czy opis kwalifikacji związany z Uceniem Maszynowym obejmuje także Głębokie Uczenie Maszynowe (patrz uwagi do pkt. 2. w części 1.)	
Czy zaproponowana walidacja jest adekwatna do efektów uczenia się wskazanych w projekcie opisu kwalifikacji?	Recenzent 2 TAK Jest dostatecznie zrozumiały. Zdecydowanie pomogłoby umieszczenie w tych opisach odniesień do literatury, opracowań naukowych, książek i innych materiałów.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.

	wytyczne z opisu kwalifikacji.	
	Recenzent 2 TAK Klasycznym sposobem weryfikacji wskazanych umiejętności podczas studiów na kierunkach data science są egzaminy ustne lub pisemne i projekty. Zaproponowana forma walidacji działa na podobnej zasadzie. Główna uwaga wymieniona w pierwszej części recenzji dotyczyła minimalizacji subiektywizmu w ocenie kwalifikacji.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.

Inne uwagi recenzentów	Odniesienie się do uwag (zespół ekspercki)
Recenzent 1 Jako recenzent dostałem 5 kwalifikacji do oceny: 1. Budowanie architektury głębokiego uczenia maszynowego (deep learning) 2. Budowanie architektury modeli uczenia maszynowego 3. Programowanie sieci głębokiego uczenia maszynowego (deep learning) 4. Programowanie modeli uczenia maszynowego 5. Projektowanie systemów architektury systemów Sztucznej Inteligencji Ze względu na duże podobieństwo tych kwalifikacji postanowiłem główną	Zgadzamy się z opinią recenzenta. Podjęliśmy próby stworzenia opisów adekwatnych dla różnych firm i dla zespołów o różnym doświadczeniu. Rozumiemy, że czasem doświadczenia konkretnych osób mogą się różnić. Wierzimy, że znaleźliśmy “złoty środek” i wypracowany opis jest dostosowany do większości kandydatów i ich potrzeb.

dyskusję przeprowadzić łącznie dla tych pięciu kwalifikacji. Moim zdaniem rozpatrywanie ich oddzielnie nie ma sensu.

Opisy wymienionych wyżej kwalifikacji są do siebie bardzo podobne, chociaż każdy z pojedynczych opisów przedstawia tę kwalifikację jako niezależną od pozostałych (pomimo pewnych zauważanych przez autora w opisie podobieństw). Aby zatem ocenić opisy tych kwalifikacji w kontekście poprawności i spójności opisu oraz przede wszystkim w kontekście uzasadnienia włączenia kwalifikacji do ZSK, należy w pierwszej kolejności zdefiniować pojęcia uczenia maszynowego, głębokiego uczenia maszynowego oraz Sztucznej Inteligencji, oraz pokazać relacje między tymi pojęciami.

Najszerszym z wyżej wymienionych pojęć jest Sztuczna Inteligencja. Poddziedziną Sztucznej Inteligencji jest Uczenie Maszynowe. A więc Uczenie Maszynowe jest częścią dziedziny nazwanej Sztuczną Inteligencją. Czasami oba terminy, tj. Uczenie Maszynowe i Sztuczna Inteligencja stosowane są wymiennie. Jak więc rozróżnić te dwa pojęcia? Tom Mitchell z Uniwersytetu Carnegie Mellon w USA w książce pod tytułem "Machine Learning", twierdzi, że obszar naukowy najlepiej definiować przez główne pytanie, na jaki naukowcy z tego obszaru starają się znaleźć odpowiedź. W przypadku Uczenia Maszynowego pytanie to brzmi: „Jak można zbudować system informatyczny, którego umiejętności będą automatycznie rosły wraz ze wzrostem doświadczenia i jakie podstawowe prawa opisują procesy uczenia”. Przez doświadczenie rozumie się dane dostarczane do algorytmów uczenia maszynowego. Uczenie Maszynowe to dziedzina, w której pracuje się nad rozwojem algorytmów komputerowych, które automatycznie zwiększają swoje umiejętności w rozwiązywaniu danego problemu poprzez doświadczenie zawarte w danych. Uczenie Maszynowe może być więc traktowane jako środek do osiągnięcia celu jakim jest Sztuczna Inteligencja. Główne typy uczenia maszynowego to: supervised learning, unsupervised learning oraz reinforcement learning. Nie będę definiował dalej tych pojęć. Zwracam tylko uwagę, że stanowią one podklasę algorytmów Uczenia Maszynowego.

Można mieć wrażenie, że definicja uczenia maszynowego nie jest ścisła. Niestety pojęcie Sztucznej Inteligencji jest jeszcze mniej precyzyjne. Nikt nie kwestionuje, że Uczenie Maszynowe jest częścią Sztucznej Inteligencji, jednak pojęcie Sztucznej Inteligencji jest nieostre i zmieniało się. Andrew Moore ze wspomnianego Uniwersytetu Carnegie Mellon Sztuczną Inteligencją nazywa obszar nauki i techniki starający się opracować systemy komputerowe, które zachowują się w sposób, który do tej pory, przypomina ludzką inteligencję. W tym zdaniu ważne jest stwierdzenie „do tej pory”. Pół wieku temu, komputery grające w szachy były uznawane za Sztuczną Inteligencję. W 1997 komputer Deep Blue pokonał mistrza szachowego i zostało to odebrane jako szczytowe osiągnięcie Sztucznej Inteligencji. Zastosowano wówczas algorytm, który przeszukiwał drzewo możliwych ruchów i wybierał taką kombinację ruchów, która zbliżała gracza do wygranej. 20 lat później takie podejście nazwalibyśmy „brutalnym” i nie mającym nic wspólnego ze Sztuczną Inteligencją. Przykład ten pokazuje, że Sztuczna Inteligencja to raczej ewoluujący cel, do którego dążymy. Do osiągnięcia tego celu wykorzystujemy różne algorytmy, w tym algorytmy Uczenia Maszynowego.

Wnioskiem z powyżej dyskusji jest moim zdaniem brak uzasadnienia dla kwalifikacji „Projektowanie systemów architektury systemów Sztucznej Inteligencji”. Z samego opisu kwalifikacji wynika, że pasuje ona w 100% do kwalifikacji dotyczącej Uczenia Maszynowego. Nie ma w niej nic co wykraczałoby poza Uczenie Maszynowe. Sądzę, że nie ma więc sensu tworzyć dodatkowego, sztucznego bytu.

W definicjach kwalifikacji pojawia się też pojęcie Głębokiego Uczenia Maszynowego. Pojęcie to jest podkategorią Uczenia Maszynowego. Głębokie Uczenie Maszynowe to technika polegająca na tworzeniu bardziej złożonych algorytmów niż w przypadku klasycznego Uczenia Maszynowego, głównie głębokich architektur Sztucznych Sieci Neuronowych, najczęściej przy rozwiązywaniu problemów dotyczących analizy obrazów, lub analizy języka naturalnego. Nie są to oczywiście jedyne konteksty zastosowań. Trudno zdefiniować przy jakiej ilości warstw ukrytych i neuronów Sztuczna Sieć Neuronowa z „klasycznej” (mieszczącej się w dziedzinie Uczenia

Maszynowego, ale nie w poddziedzinie Głębokiego Uczenia Maszynowego) staje się „głęboka”. Granica jest płynna i zmienia się w czasie. Niemniej jednak specjaliści Uczenia Maszynowego nie mają problemu z intuicyjnym rozróżnieniem między głębokimi, złożonymi, dedykowanymi pewnemu problemowi (np. analiza języka naturalnego) sieciami neuronowymi a małymi, klasycznymi Sztucznymi Sieciami Neuronowymi (np. perceptron wielowarstwowy z dwoma ukrytymi warstwami). W tym kontekście ujęcie poddziedziny Głębokiego Uczenia Maszynowego w osobnej kwalifikacji może być uzasadnione. Niemniej jednak należy pamiętać, że jest to poddziedzina Uczenia Maszynowego, a nie niezależny obszar kompetencji. Nie można twierdzić, że ktoś ma kwalifikacje z zakresu Głębokiego Uczenia Maszynowego, a nie ma kwalifikacji z zakresu Uczenia Maszynowego. To trochę jakby uważać, że jakiś matematyk ma kompetencje w rozwiązywaniu całek, ale nie ma kompetencji w operacji dodawania. Aby więc lepiej zrozumieć to zagadnienie, przyjrzymy się typowej ścieżce rozwoju specjalistów Uczenia Maszynowego.

Od 16 lat zawodowo i naukowo zajmuje się rozwojem i wdrażaniem algorytmów Sztucznej Inteligencji (w tym Uczenia Maszynowego) w przemyśle i medycynie. W moich zespołach pomagałem rozwijać się specjalistom Uczenia Maszynowego, od tzw. „juniorów” po tzw. „seniorów”. Obserwowałem też później ich dalsze kariery.

Pracownicy bez większego doświadczenia zaczynają jako „juniorzy” i pod okiem doświadczonych specjalistów Uczenia Maszynowego uczą się:

- jak właściwie identyfikować problem i cele biznesowe podczas spotkań z klientami,
- jak właściwie zsyntezować problem i cele do postaci, która umożliwi wybór odpowiednich algorytmów Uczenia Maszynowego (w tym Głębokiego Uczenia Maszynowego),
- jak poprawnie ocenić algorytm, jak go utrzymywać i jak wdrożyć algorytm do tzw. „produkcji”.

Z czasem, jak w każdej dziedzinie, juniorzy stają się coraz bardziej

samodzielni, coraz więcej obowiązków zaczynają wykonywać samodzielnie i nie potrzebują już tak wielu konsultacji z bardziej doświadczonymi specjalistami. Przy okazji w naturalny sposób zachodzi proces specjalizacji wynikający z już zrealizowanych projektów i z zainteresowań pracownika. Istotną rolę w kształtowaniu się specjalizacji (może być ich kilka) odgrywa dziedzina biznesowa, dając kontekst dla opracowanych algorytmów (rozpoznawanie obrazów, analiza języka naturalnego, modele predykcyjne w medycynie itp.). Odnosząc się do zagadnienia głębokiego uczenia maszynowego, niektórzy bardzo wcześnie mogą wejść na drogę tej specjalizacji, a inni w całej swojej karierze mogą ani razu nie przetrenować głębokiej sieci neuronowej. Niemniej jednak, jeżeli zaczynają specjalizować się w głębokim uczeniu maszynowym, to muszą posiadać pewną podstawę wiedzy z zakresu Uczenia Maszynowego. Stają w końcu przed tymi samymi problemami jak wszyscy specjaliści Uczenia Maszynowego (np. przetrenowanie modelu, właściwe zrozumienie celu biznesowego, ocena modelu, dostępność danych i ich wariancja, utrzymywanie modelu w tym algorytmy adaptacji modelu itp.). W tym kontekście Głębokiego Uczenia Maszynowego nie można rozważać niezależnie od Uczenia Maszynowego.

Z czasem doświadczeni specjaliści Uczenia Maszynowego stają się tzw. „seniorami”, kierownikami zespołów, architektami i coraz mniej zajmują się faktycznym programowaniem, a skupiają się raczej na projektowaniu algorytmów uczenia maszynowego, które rozwiązują postawiony problem biznesowy lub naukowy. W tym kontekście zaproponowany podział na kwalifikacje związane z programowaniem modeli i budowaniem architektury modeli rozumiem jako rozróżnienie między początkującymi specjalistami uczenia maszynowego, nie mającymi wystarczającej wiedzy i doświadczenia aby samemu zaprojektować najlepszy algorytm, a doświadczonymi specjalistami, którzy już w mniejszym stopniu zajmują się kodowaniem, a bardziej koncentrują się na projektowaniu najlepszych algorytmów. Rozróżnienie takie wydaje się więc zasadne. Rodzi się pytanie, czy kwalifikacja „budowanie architektury modelu” nie powinna zawierać w sobie kwalifikacji „programowania modelu”. Jest to w pewien sposób naturalne, aczkolwiek jestem w stanie też przyjąć argumentację zawartą w opisach, że

kwalifikacje te możemy rozpatrywać niezależnie. Mogę wyobrazić sobie sytuację, w której architekt powoli traci kompetencje związane z programowaniem modeli. Tym niemniej w większości przypadków tak chyba nie jest, dzięki ścisłej współpracy architekta z programistami modeli.	
Recenzent 2 BRAK	

Konkluzja recenzji	Odniesienie się do konkluzji (zespół ekspercki)
Recenzent 1 W mojej opinii włączenie analizowanej kwalifikacji do ZSK jest uzasadnione, proponuję jednak zmodyfikować opis kwalifikacji. Uwzględniając m.in. dyskusję z części „Inne uwagi”, uważam, że włączenie kwalifikacji jest uzasadnione, pod warunkiem uwzględnienia zmian opisanych w części 1. Należy jednak mieć na uwadze, że w mojej opinii nakład środków na stworzenie i utrzymanie kwalifikacji będzie raczej niewspółmierny do potencjalnych korzyści i zainteresowania kwalifikacją. Ponieważ jednak, jak rozumiem, nie to jest celem recenzji (nie znam specjalistycznych wyliczeń dotyczących kosztów powołania i utrzymania kwalifikacji), sądzę, że w oparciu o dostarczony opis włączenie kwalifikacji jest uzasadnione, ale pod warunkiem uwzględnienia zmian opisanych w części 1.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.

Recenzent 2 W mojej opinii włączenie analizowanej kwalifikacji do ZSK jest uzasadnione, proponuję jednak zmodyfikować opis kwalifikacji. W opisie walidacji przedstawiono argumenty za rosnącym zapotrzebowaniem związanym z umiejętnościami programowania modeli uczenia maszynowego. Opisane efekty kształcenia oraz sposób weryfikacji pokrywa się ze sposobem weryfikacji wiedzy na kierunkach kształcących osoby o podobnym profilu. Proponowane w recenzji modyfikacje dotyczą dwóch obszarów: 1. uszczegółowienie czy chodzi o rolę programisty modeli uczenia maszynowego „nisko poziomowego” czy „wysoko poziomowego”. ewentualnego połączenia dwóch kwalifikacji w jedną, z uwagi na podobieństwo zakresów (‘Projektowanie architektury modeli uczenia maszynowego’ i ‘Programowanie modeli uczenia maszynowego’).	Zgadza się z opinią recenzenta – połączenie kwalifikacji jest jednym z dobrych rozwiązań.