

Podsumowanie konsultacji opisu kwalifikacji

Nr 32 Projektowanie architektury systemów sztucznych inteligencji

Przeprowadzonych w ramach umowy nr 73/2020 z 20.03.2020

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 Projektowanie architektury systemów sztucznej inteligencji	Skrót nazwy 'Projektowanie AI' zawiera skrót nazwy angielskiej 'artificial intelligence'. Można zastąpić przez „Projektowanie SI”	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.

2	Krótką charakterystyką kwalifikacji oraz koszt orientacyjny uzyskania dokumentu potwierdzającego otrzymanie kwalifikacji danej	Recenzent 1 Przedstawiony opis odnosi się wprost do obszaru pokrywanego przez Uczenie Maszynowe. W dyskusji z punktu „Inne uwagi” tej recenzji, zwróciłem uwagę, że uczenie maszynowe to poddziedzina Sztucznej Inteligencji. Z przedstawionego opisu nie wynika, żeby zakres tematyczny odbiegał od tego co zostało przedstawione w kwalifikacji dotyczącej uczenia maszynowego. Kwota 4500 zł w żaden sposób nie jest uzasadniona. Nie wiadomo z czego wynika. Trudno się zatem do tej kwoty merytorycznie odnieść. Podobnie z orientacyjnym nakładem pracy. Liczba godzin nie jest w żaden sposób uzasadniona.		Ze względu na dokumentację zamówienia proponujemy pozostanie przy pierwotnej nazwie, jednak podmiot składający wniosek o wpisanie kwalifikacji do rejestru może uznać za stosowane zmienić nazwę. 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. W opisie jest informacja, że „samodzielnie projektuje	Koszt uzyskania certyfikatu został zaproponowany w oparciu o następujące kategorie: wynagrodzenie członków komisji projektującej walidację, wynagrodzenie członków komisji walidacyjnej, koszt wynajmu pomieszczeń itd. Jest

			systemy sztucznej inteligencji” ale jak rozumiem Architekt SI współpracuje w zespole zarówno przy zbieraniu wymagań jak i przy dodefiniowaniu projektu osobami o kwalifikacjach Programista ML/DL oraz Budowniczy architektury ML/DL. Warto w krótkiej charakterystyce opisać jak wygląda współpraca Architekta AI z innymi interesariuszami.	to orientacyjny koszt uzyskania kwalifikacji i może się zmieniać. <u>Dodaliśmy w formularzu zapis: „jest odpowiedzialny za pozyskanie informacji biznesowych” – takie sformułowanie powinno wystarczająco akcentować współpracę z innymi interesariuszami, jednocześnie zachowując zwięzłość właściwą dla pola „Krótka charakterystyka”. Uwaga uwzględniona.</u>
3.	Grupy osób, które mogą być zainteresowane uzyskaniem kwalifikacji	Recenzent 1		
		-		
		Recenzent 2	Ten opis jest bardzo podobny do opisów w pozostałych czterech kwalifikacjach (Projektant DL/ML	Nie odnieśliśmy się w tym polu do treści innych kwalifikacji. Uwaga nieuwzględniona.

			i Budowniczy DL/ML). Warto dookreślić jak mają się do siebie te kwalifikacje, które z nich wymagają większej wiedzy technicznej/programistycznej, które większej wiedzy matematycznej a które większej wiedzy biznesowej.	
4.	Wymagane kwalifikacje poprzedzające	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2	Wszystkie pięć kwalifikacji ma te same wymagania poprzedzające. Jednak ta kwalifikacja sprawia wrażenie wymagającej większego doświadczenia. Może warto by przed byciem Architektem AI kandydat miał zrealizowaną przynajmniej jedną inną kwalifikację z budowy/projektowania systemów ML/DL.	W naszym zamyśle z każda z tych kwalifikacji stanowi niezależną, oddzielną całość. Uwaga nieuwzględniona.
5.	W razie potrzeby warunki, jakie musi spełniać osoba przystępująca do walidacji:	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2	To pole zostało chyba omyłkowo skopiowane z wiersza 21. Czy w tym miejscu	Nie, to pole powinno pozostać w takiej wersji jak we wniosku. Uwaga nieuwzględniona.

			po-winno znaleźć się umie-jetność programowania?	
6.	Zapotrzebowanie na kwalifikację	Recenzent 1	Opis ten jest bardzo podobny do opisu podobnych kwalifikacji z zakresu Uczenia Maszynowego 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	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.
7.	Odniesienie do kwalifikacji o zbliżonym charakterze oraz wskazanie kwalifikacji ujętych w ZRK zawierających wspólne	Recenzent 1 W przypadku pozostawienia kwalifikacji „Budowanie architektury głębokiego uczenia maszynowego (deep learning)” lub kwalifikacji „Budowanie architektury modeli uczenia		Wszystkie pięć opisywanych kwalifikacji ma zbliżony w pewnym sensie charakter – problem ten został opisany w uwagach ogólnych w dalszej części dokumentu.



	zestawy efektów uczenia się	maszynowego”, 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. Sugerowałbym usunięcie kwalifikacji związanej ze Sztuczną Inteligencją, a w przypadku głębokiego uczenia maszynowego, należy wskazać, że kwalifikacja Budowanie architektury głębokiego uczenia maszynowego (deep learning) jest powiązana z kwalifikacją Budowanie architektury modeli uczenia maszynowego, w ten sposób, że głębokie uczenie maszynowe jest poddziedziną uczenia maszynowego. Więcej o tym w dyskusji w „Inne uwagi”.		
		Recenzent 2 -		
8.	Typowe możliwości wykorzystania kwalifikacji	Recenzent 1 -		

		Recenzent 2 Osoba posiadająca kwalifikację może znaleźć zatrudnienie w firmach typu:	Zgodnie z instrukcją, w tym miejscu powinny być wymienione stanowiska na które może aplikować osoba z tą kwalifikacją. A wymienione są typy firm.	Uważamy, że ten zapis również spełnia zasady metodyki opisu i pozostawiamy go bez zmian. Uwaga nieuwzględniona.
9.	Wymagania dotyczące walidacji i podmiotów przeprowadzających walidację	Recenzent 1 -		
		Recenzent 2	Ze wszystkich pięciu proponowanych kwalifikacji dla AI/ML/DNN, ta wydaje się być najbardziej wymagająca. Trudno mi jednak uwierzyć, że analizując czyjeś konto na GitHub lub SO można ocenić umiejętności potrzebne do zaprojektowania większego systemu AI. Większą wagę warto przywiązać do ostatniego punktu - wywiadu.	Traktujemy to jako zalecenie dla IC i zasadniczo uważamy za rozsądną radę.
10.	Opis efektów uczenia się obejmujący syntetyczną charakterystykę efektów uczenia się, zestawy efektów uczenia się, poszczególne efekty uczenia się w zestawach wraz z kryteriami	Recenzent 1 Wszystkie wymienione efekty uczenia się, jak również kryteria weryfikacji odnoszą się do obszarów poruszanych w opisach kwalifikacji związanych z uczeniem maszynowym i głębokim uczeniem maszynowym.		Zgadzamy się z opinią recenzenta.



	weryfikacji osiągnięcia Syntetyczna charakterystyka efektów uczenia się Zestawy efektów uczenia się:	ich „Projektowanie sieci neuronowych tworzących sztuczną inteligencję” jest niczym innym jak metodą uczenia maszynowego, w dzisiejszych czasach kojarzoną głównie z głębokim uczeniem maszynowym.		
		Recenzent 2	Opisane efekty uczenia się słabo oddają potrzeby stojące za pracą architekta. Największym wyzwaniem dla architekta AI jest zadbanie o to by opracowany system działał zgodnie z obowiązującymi przepisami i regulacjami. Teraz w kryteriach brak jakiegokolwiek odniesienia się do zagadnień analizy modelu pod kątem bezpieczeństwa, wiarygodności czy dyskryminacji. W sekcji „Zapotrzebowanie” znalazło się odniesienie do białej księgi AI. W tej księdze znajdują się rekomendacje w jaki sposób przeciwdziałać szkodliwym skutkom stosowania AI, w	Dziękujemy recenzentowi za wskazanie niedociągnięć. Proponujemy dodanie zestawu efektów uczenia się obejmującego wskazane braki.

			szczegółności dotyczą one problemów związanych z niewłaściwym użyciem, ryzykiem dyskryminacji. Jest to kluczowa umiejętność osoby odpowiedzialnie projektującej systemy AI. Jednak w żaden sposób te umiejętności nie są wymienione ani weryfikowane w zbiorze efektów kształcenia. Zagadnienie XAI/model bias/fairness zasługuje na osobny, dobrze opisany zestaw efektów uczenia się. Inne wyzwanie, które stoi za pracą architekta jest zadbanie o dobrej jakości dane. Kluczowe jest zaplanowanie eksperymentu pozwalającego na pozyskanie nieobciążonych i reprezentatywnych danych. Kolejnym wyzwaniem jest zaplanowane zasobów obliczeniowych potrzebnych do wytrenowania ai utrzymania niezbędnych modeli.	Dodaliśmy w formularzu zapisy: „Omawia sposoby pozyskiwania non-biased i reprezentatywnych danych” oraz –Wymienia sposoby szacowania zasobów potrzebnych do utrzymania i wytrenowania modelu” jako kryteriów weryfikacji do „Przygotowuje opis architektury sieci neuronowej”. Uwaga uwzględniona.
--	--	--	---	---



11.	Okres ważności dokumentu potwierdzającego nadanie kwalifikacji i warunki przedłużenia jego ważności	Recenzent 1 W związku z dynamicznymi zmianami zachodzącymi w dziedzinie Sztucznej Inteligencji (ostatnie 10 lat to rewolucja w zakresie metod analizy obrazu i metod analizy języka naturalnego, nawet w dziedzinie „klasycznego” uczenia maszynowego pojawiły się nowe algorytmy, takie jak choćby XGBoost) należy rozważyć, czy certyfikatu nie powinno się odnawiać częściej, czyli co 5 lat. Tak sugerowałbym. Pamiętajmy, że wszystkim znany komputer Deep Blue, który pokonał mistrza szachowego w 1997 roku, dzisiaj przez nikogo znajdującego się na AI nie zostałby nazwany Sztuczną Inteligencją.		
		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 adekwatnych kwalifikacji z zakresu Uczenia Maszynowego 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.	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 głębokich projektantami systemów AI. Zgadza się to też z moimi obserwacjami, również uważam że zapotrzebowanie na takie umiejętności będzie rosło. Zapotrzebowanie na różne kwalifikacje będzie rosło jednak w różnym tempie. Obecnie najwięcej osób pracujących w obszarze AI może pochwalić się kwalifikacjami dotyczącymi budowy/programowania systemów ML. Kolejna, mniej liczna grupa to osoby mogące pochwalić się kwalifikacjami dotyczącymi	j.w.

	budowy/projektowania systemów głębokich sieci neuronowych. Liczba architektów AI jest prawdopodobnie najmniejsza. Trudno też mi wyobrazić sobie że rola Architekta AI przypadnie komuś bez formalnego wykształcenia w obszarze statystyki, uczenia maszynowo lub AI.	Zdecydowanie nie zgadzamy się z tym zapisem.
Czy w Pani/Pana odczuciu można spodziewać się dużego zainteresowania otrzymaniem certyfikatu wydanego przez instytucję certyfikującą w ramach Zintegrowanego Systemu Kwalifikacji?	Recenzent 1 NIE Termin Sztuczna Inteligencja jest dobrym terminem marketingowym i jest chętnie nadużywany przez ludzi, którzy kompletnie nie rozumieją czym jest Sztuczna Inteligencja. W dyskusji w części „inne uwagi” postarałem się pokazać związek między Sztuczną Inteligencją i Učeniem Maszynowym. Uważam, że termin Uczenie Maszynowe jest bardziej precyzyjny (a więc i cenniejszy dla pracodawców) i on powinien być podstawą kwalifikacji (dostarczyłem też dwie recenzje kwalifikacji dot. uczenia maszynowego). Uważam, że nie będzie dużego zainteresowania certyfikatem z AI, jeżeli będzie możliwość zrobienia certyfikatu z Uczenia Maszynowego.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
	Recenzent 2 TAK Z recenzowanych pięciu kwalifikacji, w mojej opinii zainteresowanie tą będzie najmniejsze uwagi na	Zgadzamy się z opinią recenzenta.

	ograniczoną liczbę osób które miałyby doświadczenie w projektowaniu systemów AI.	
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.

	doświadczanie projektowe i ocena przez kierownika zatrudniającego kandydata.	
	Recenzent 2 TAK Efekty uczenia się należy uzupełnić zgodnie z sugestiami powyżej.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
Czy projekt opisu kwalifikacji w opinii recenzenta jest zrozumiały dla osób zainteresowanych uzyskaniem kwalifikacji?	Recenzent 1 TAK Projekt opisu kwalifikacji w opinii recenzenta jest zrozumiały dla osób zainteresowanych uzyskaniem kwalifikacji, z zastrzeżeniem uwagi do pkt. 2 w części 1.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
	Recenzent 2 TAK Jest dostatecznie zrozumiały. Zdecydowanie pomogłoby umieszczenie w tych opisach odniesień do literatury, opracowań naukowych, książek i innych materiałów doszczegóławiających zamieszczone krótkie opisy.	Zgadzamy się z opinią recenzenta.
Czy zaproponowana walidacja jest adekwatna do efektów	Recenzent 1	Zgadzamy się z opinią recenzenta.



uczenia się wskazanych w projekcie opisu kwalifikacji?	TAK Zaproponowana walidacji jest adekwatna do efektów uczenia się wskazanych w opisie kwalifikacji, również w zakresie opisu metody walidacji. Pozostawia możliwość indywidualnego kształtowania pytań przez komisję, oraz pole do interpretacji odpowiedzi kandydata. Taka ocena nie będzie na pewno w pełni obiektywna. Jest to jednak konieczne. Trudno na tym etapie definiować zamkniętą liczbę pytań, bo dziedzina jaką jest Sztuczna Inteligencja zmienia się bardzo szybko i należy na bieżąco adaptować procedurę walidacji do nowych osiągnięć naukowych. Należy zaufać, że członkowie komisji spełniający wymienione w opisie warunki są w stanie we właściwy sposób zweryfikować kandydata biorąc pod uwagę wytyczne z opisu kwalifikacji.	
	Recenzent 2 TAK Klasycznym sposobem weryfikacji wskazanych umiejętnościach podczas studiów na kierunkach data science są egzaminy ustne lub pisemne i projekty. Zaproponowana forma walidacji działa na podobnej zasadzie. Wyzwaniem przy takiej walidacji będzie jednak zadbanie o to by wyniki były możliwie obiektywne.	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 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	Zgadza 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. Wierzymy, że znaleźliśmy złoty środek i wypracowany opis jest dostosowany do większości kandydatów i ich potrzeb.

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 zmienia 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 Sztuczными 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 niezelazny 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

przemysle 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 dużo 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 w większym stopniu 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	Zgadza się z opinią recenzenta.

W mojej opinii włączenie analizowanej kwalifikacji do ZSK jest nieuzasadnione.

Uwzględniając m.in. dyskusję z części „Inne uwagi” uważam, że włączenie kwalifikacji jest nieuzasadnione. Kwalifikacja „Budowanie architektury modeli uczenia maszynowego”, uzupełniona o kwalifikację „Budowanie architektury sieci głębokiego uczenia” (o ile pierwsza kwalifikacja już tego nie posiada – nie jest to jasno sprecyzowane w opisie), w 100% pokrywa opisaną kwalifikację dotyczącą Sztucznej Inteligencji.

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 projektowania systemów AI.

Opisane efekty kształcenia oraz sposób weryfikacji pokrywa się ze sposobem weryfikacji wiedzy na kierunkach kształcących osoby o podobnym profilu (np na wydziałach MIM UW lub MiNI PW).

Proponowane modyfikacje dotyczą czterech obszarów:

- 1. drobne zmiany nazewnictwa (wymienione w pierwszej części recenzji),**
- 2. rozszerzenia efektów uczenia o element związany z analizą XAI projektowanej sieci, niezbędną do identyfikacji potencjalnych efektów niepożądanych takich jak dyskryminacja, zachowania niezgodne z oczekiwaniami użytkowników końcowych,**

Zgadza się z opinią recenzenta.

3. rozszerzenie efektów uczenia się o zaprojektowanie odpowiednich danych niezbędnych do działania systemu AI oraz odpowiednich zasobów obliczeniowych niezbędnych do wytrenowania modeli. Oba te elementy w przypadku systemów AI stają się kluczowe, ponieważ ogólny dostępny zbiory danych czy serwery obliczeniowe najczęściej nie wystarczają. ewentualnego połączenia tej kwalifikacji z kwalifikacją związaną z budową architektury systemu DNN/ML.