dr hab. inż. Tomasz Talaśka, prof. PBŚ
Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
Zakład Sztucznej Inteligencji i Przetwarzania Sygnałów
Al. Prof. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
talaska@pbs.edu.pl

Bydgoszcz, 20.02.2026

Recenzja rozprawy doktorskiej

Autor: mgr inż. Paweł Andruloniw

Tytuł: Analiza Big Data informacji pochodzących z urządzeń końcowych STB oraz wykorzystanie metod uczenia maszynowego w celu usprawnieniu działania usługi, analizie doświadczeń klienta oraz zaspokojeniu jego oczekiwań

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Problem badawczy i jego znaczenie:

Głównym problemem badawczym pracy jest opracowanie modelu matematycznego pozwalającego na obiektywną ocenę subiektywnych odczuć użytkowników (wyrażonych w skali MOS – *Mean Opinion Score*) w nowoczesnych systemach telewizji cyfrowej OTT/IPTV (Over-the-Top / Internet Protocol Television). Autor podjął się wyzwania polegającego na zastąpieniu tradycyjnych, kosztownych i czasochłonnych badań z udziałem ludzi, zautomatyzowanym systemem opartym na uczeniu maszynowym. System ten, analizując techniczne parametry przesyłu danych bezpośrednio z dekoderów (tzw. deskryptory techniczne), potrafi precyzyjnie określić poziom satysfakcji widza (QoE – *Quality of Experience*).

Czy ma on charakter naukowy?

Problem badawczy w pełni wpisuje się w nowoczesny nurt analizy danych wielkoskalowych (*Big Data*) oraz optymalizacji zaawansowanych modeli predykcyjnych w obszarze teleinformatyki. O wysokim poziomie naukowym rozprawy świadczy przede wszystkim autorska adaptacja dywergencji Kullbacka-Leiblera jako funkcji straty w procesie uczenia

sztucznych sieci neuronowych. Zastosowanie tego podejścia pozwoliło na odejście od prostych modeli regresyjnych (przewidujących jedynie pojedynczą wartość średnią) na rzecz wiernego odwzorowania statystycznego rozkładu ocen ludzkich. Takie ujęcie problemu nie tylko stanowi istotny krok naprzód w dziedzinie modelowania jakości doznań, ale również potwierdza teoretyczną dojrzałość zaproponowanego rozwiązania i umiejętność twórczego wykorzystania aparatu matematycznego przez Autora.

Czy ma on znaczenie praktyczne?

Rozprawa posiada wyraźny charakter aplikacyjny, co jest kluczowe w kontekście doktoratu wdrożeniowego. Praktyczna wartość pracy przejawia się w dwóch głównych obszarach:

- **Optymalizacja kosztów i zasobów:** Wyniki pracy pozwalają na precyzyjne sterowanie wyborem standardów kodowania (np. przejście z H.264 na wydajniejszy standard HEVC). Dzięki temu operator może przesyłać wideo przy użyciu mniejszej ilości danych (pasma), co generuje wymierne oszczędności finansowe, nie powodując przy tym widocznego dla widza pogorszenia obrazu.
- **Proaktywne zarządzanie satysfakcją (CEM - Customer Experience Management):** Autorski model pozwala na automatyczne wykrywanie problemów z jakością w czasie rzeczywistym. Dzięki temu operator może podjąć działania naprawcze, zanim klient zauważy usterkę i zgłosi reklamację. Takie podejście bezpośrednio zwiększa efektywność operacyjną firmy.

Pełna implementacja tych rozwiązań w środowisku produkcyjnym operatora (INEA) jest ostatecznym dowodem na wysoką skalowalność, stabilność oraz rynkową wartość zaproponowanych metod.

Wkład autora

Za kluczowy wkład Autora w rozwój dyscypliny uważam przede wszystkim **zaprojektowanie i przeprowadzenie unikalnego badania subiektywnego** zgodnie z rygorystyczną normą ITU-T BT.500. Realizacja tych testów w warunkach domowych pozwoliła na zgromadzenie autentycznego zbioru danych, który stanowił solidny fundament dla procesów uczenia maszynowego.

Najważniejszym osiągnięciem merytorycznym jest skuteczna implementacja oraz optymalizacja architektury sieci neuronowej typu MLP (*Multi-Layer Perceptron*), dostosowanej do specyfiki danych telemetrycznych. Kluczowym elementem nowatorskim nie jest tu sama struktura sieci, lecz zastosowanie w niej tzw. „miękkiej klasyfikacji" (*soft classification*). Skuteczność tego nowatorskiego podejścia potwierdzają wyjątkowo wysokie wskaźniki korelacji z ocenami ludzi (SROCC > 0,98). Wynik ten, w dziedzinie modelowania jakości doznań (QoE), należy uznać za bardzo dobry, świadczący o niemal doskonałym odwzorowaniu ludzkiej percepcji przez algorytm.

Dopełnieniem wkładu jest pełna implementacja rozwiązania w środowisku produkcyjnym operatora. Fakt, że system działa na żywym organizmie sieciowym, bezspornie dowodzi skalowalności oraz wysokiej użyteczności zaproponowanych metod w skali przemysłowej.

2. Poprawność

Tezy sformułowane w rozprawie są w pełni uzasadnione, a przedstawioną argumentację oparto na rzetelnym warsztacie statystycznym oraz inżynierskim. Na szczególną uwagę zasługuje spójność i precyzja planu eksperymentalnego. Autor w sposób prawidłowy wyznaczył minimalną liczebność próby badawczej oraz zastosował zaawansowane metody wstępnego przetwarzania danych (eliminacja tzw. wartości odstających). Ma to kluczowe znaczenie przy analizie subiektywnych ocen użytkowników, które z natury cechują się znaczną wariancją (rozproszeniem-rozrzutem).

Analiza danych empirycznych została przeprowadzona z dużą starannością. Wykorzystanie nowoczesnych narzędzi (Python, PyTorch) oraz bibliotek do automatycznego strojenia modelu (np. Optuna) świadczy o wysokim standardzie technicznym opracowanego oprogramowania prototypowego. Wybór dywergencji Kullbacka-Leiblera jako miary podobieństwa rozkładów dowodzi głębokiego zrozumienia istoty problemu i nadaje procesowi uczenia maszynowego ścisłe ramy matematyczne.

Słabości i błędy: Pomimo wysokiej oceny merytorycznej, w pracy można wskazać obszary pozostawiające pewien niedosyt badawczy.

- Autor skoncentrował się głównie na skuteczności predykcyjnej modeli, co skutkuje ich ograniczoną interpretowalnością. Zabrakło pogłębionej analizy typu Explainable AI

(XAI), która pozwoliłaby zrozumieć, dlaczego model sformułował konkretną ocenę i jakie parametry techniczne miały na nią decydujący wpływ.

- Pewne zastrzeżenia budzi również kwestia reprezentatywności w kontekście demograficznym – brak szczegółowego odniesienia do cech respondentów, takich jak wiek, uniemożliwia ocenę wpływu fizjologicznych uwarunkowań np. wzroku na dostrzegalność artefaktów kompresji.
- Można także odnotować pewien konserwatyzm w doborze narzędzi modelowania; Autor skupił się na sprawdzonej architekturze MLP (Multi-Layer Perceptron), nie podejmując próby porównania jej z nowszymi podejściami, na przykład sieciami splotowymi analizującymi metryki w domenie czasu.
- Ponadto, w rozprawie zabrakło szerszej dyskusji na temat zdolności modelu do generalizacji, czyli jego skuteczności w odniesieniu do innych typów treści wideo, takich jak dynamiczne transmisje sportowe czy gry online, które charakteryzują się odmienną specyfiką degradacji sygnału.

Słabości te nie rzutują jednak na poprawność sformułowanych wniosków, a jedynie wskazują interesujące kierunki dla dalszych prac badawczych.

3. Wiedza kandydata

Ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie **Informatyka Techniczna i Telekomunikacja** potwierdzają przede wszystkim rozdziały poświęcone analizie stanu wiedzy oraz fundamentom technologicznym systemów transmisji wideo. W częściach tych Autor w sposób wyczerpujący omawia kluczowe dla tematu pracy obszary, do których należą:

- **Standardy kodowania i kompresji sygnału wizyjnego:** ze szczególnym uwzględnieniem algorytmów H.264/AVC oraz H.265/HEVC (*High Efficiency Video Coding*).
- **Architektura systemów dostarczania treści:** szczegółowa analiza protokołów transmisji adaptacyjnej, takich jak DASH (*Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*) oraz HLS (*HTTP Live Streaming*), stanowiących fundament nowoczesnych platform OTT.
- **Metodologia oceny jakości:** teoretyczne podstawy miar subiektywnych (MOS) oraz obiektywnych metryk jakości obrazu, a także specyfika architektury systemów IPTV.
- **Sztuczna Inteligencja i Uczenie Maszynowe:** teoretyczny opis struktur sieci neuronowych, funkcji straty oraz metod optymalizacji modeli predykcyjnych.

Opinia o jakości rozdziałów i bibliografii: Część teoretyczna rozprawy została przygotowana z dużą starannością. Autor sprawnie porusza się między zagadnieniami informatycznymi a telekomunikacyjnymi, co świadczy o jego dużych kompetencjach. Na wysoką ocenę zasługuje bibliografia, która jest kompletna i aktualna. Zawiera ona 129 pozycji, w tym liczne artykuły z prestiżowych czasopism (np. IEEE, ACM) oraz publikacje pokonferencyjne o zasięgu międzynarodowym, co potwierdza rzetelne osadzenie badań w kontekście światowej literatury przedmiotu.

Inne argumenty potwierdzające wiedzę kandydata: Za posiadaniem przez Kandydata pogłębionej wiedzy przemawia nie tylko poprawność wywodów teoretycznych, ale przede wszystkim unikalna umiejętność przełożenia złożonych koncepcji matematycznych na działający system informatyczny. Swoboda w doborze nowoczesnych narzędzi programistycznych (Python, PyTorch) oraz zdolność do interpretacji wyników w ścisłym odniesieniu do międzynarodowych standardów (ITU-T) jednoznacznie potwierdzają, że mgr inż. Paweł Andruloniw jest dojrzałym badaczem, posiadającym szeroką i usystematyzowaną wiedzę w swojej dyscyplinie.

4. Inne uwagi[1]

Pod względem edytorskim rozprawa została przygotowana na wysokim poziomie. Tekst jest napisany starannym językiem technicznym, a liczne rysunki, schematy i tabele w sposób czytelny ilustrują złożone zagadnienia związane z architekturą sieci neuronowych oraz procesem przetwarzania sygnału wideo. W tekście można wprawdzie odnaleźć nieliczne usterki redakcyjne, takie jak drobne literówki, nieścisłości czy konsekwentne zapisywanie przedrostka „kilo" wielką literą, jednak nie wpływają one w żaden sposób na wysoką ocenę merytoryczną i przejrzystość prezentowanych treści. Dorobek publikacyjny kandydata obejmuje łącznie 11 prac naukowych. Wyniki badań były prezentowane w artykułach w czasopismach naukowych (m.in. *Applied Sciences*, *Journal of Telecommunications and Information Technology*, *Przegląd Telekomunikacyjny*) oraz w publikacjach konferencyjnych i rozdziałach w monografiach. Łączna punktacja tego dorobku według wykazu MEiN wynosi 355 punktów.

[1] Opcjonalnie

5. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane w art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

A. Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problem naukowego? (wybierz jedną opcję stawiając znak **X**)

[X]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zdecydowanie TAK	*Raczej TAK*	*Trudno powiedzieć*	*Raczej NIE*	*Zdecydowanie NIE*

B. Czy po przeczytaniu rozprawy zgadzasz się, że kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja lub Automatyka i Robotyka?

[X]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zdecydowanie TAK	*Raczej TAK*	*Trudno powiedzieć*	*Raczej NIE*	*Zdecydowanie NIE*

C. Czy kandydat umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?

[X]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zdecydowanie TAK	*Raczej TAK*	*Trudno powiedzieć*	*Raczej NIE*	*Zdecydowanie NIE*

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana **mgr. inż. Pawła Andruloniwa** pt. **„Analiza Big Data informacji pochodzących z urządzeń końcowych STB oraz wykorzystanie metod uczenia maszynowego w celu usprawnieniu działania usługi, analizie doświadczeń klienta oraz zaspokojeniu jego oczekiwań”** stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego i wnosi cenny wkład w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych w obrębie dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. **W świetle powyższej oceny recenzowana dysertacja spełnia wszystkie warunki określone w art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571), dlatego wnioskuję o jej dopuszczenie do kolejnych etapów postępowania doktorskiego.**