

Warszawa, 28 czerwca 2023 r.

dr hab. Monika Całkiewicz, prof. ALK

Katedra Prawa Karnego

Akademia Leona Koźmińskiego

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Macieja Marcinowskiego-Prażmowskiego  
pt. „Aspekty praktyczne i metodologiczne zastosowania sztucznych sieci  
neuronowych w badaniach kryminalistycznych na przykładzie badań  
pismoznawczych”, napisanej na Wydziale Prawa  
i Administracji Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach pod opieką naukową  
dr. hab. Marka Leśniaka, prof. UŚ**

Doktorant przedstawił do oceny liczącą 225 stron rozprawę dotyczącą, mówiąc najogólniej, wykorzystania sztucznej inteligencji (AI) w badaniach kryminalistycznych, ze szczególnym uwzględnieniem badań identyfikacyjnych pisma ręcznego. O sztucznej inteligencji mówi się coraz więcej, także w środowisku akademickim, na przykład na skutek pojawiających się wątpliwości co do etyczności wykorzystania narzędzi takich jak ChatGPT w pracach naukowych przygotowywanych przez akademików, czy zaliczeniowych, przedstawianych przez studentów. Bez względu na to, czy wykorzystanie AI uważamy za przydatne lub szkodliwe, nie ulega wątpliwości, że ta technologia jest i – jak się wydaje – będzie szeroko wykorzystywana, także w kryminalistyce. Ze względu na jego nowatorskość, wybór tematu rozprawy jest z pewnością trafny, co ułatwiło Autorowi spełnienie wymogów przewidzianych w art. 187 ust. 2 ustawy z 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jedn. Dz.U. z 2022 r., poz. 574, ze zm.). Ustawodawca wymaga przecież przedstawienia dzieła stanowiącego oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a ponadto kandydat powinien wykazać się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie nauk

prawnych i umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Podkreślić należy, że oczywiście sam wybór trafnego tematu nie przesądza o pozytywnej ocenie rozprawy – decydujące znaczenie ma jego realizacja. Nie ulega wątpliwości, że mgr Marcin Maciejewski-Prażmowski nie tylko dokonał właściwego wyboru tematu, ale też prawidłowo przeprowadził badania naukowe, aby zrealizować cele pracy i odpowiedzieć na pytania badawcze. Szczegółowo będzie o tym mowa w dalszej części recenzji.

We „Wprowadzeniu” Doktorant wskazuje, co jest przedmiotem rozprawy, syntetycznie uzasadnia wybór tematu i formułuje pytania badawcze (jak dokonywać ewaluacji sztucznych sieci neuronowych dla potrzeb kryminalistyki, jak dokonywać interpretacji sztucznych sieci neuronowych dla potrzeb kryminalistyki, jak wykrywać fałszerstwa popełniane z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych). Uwzględniając całość rozważań Kandydata, oceniam pozytywnie sposób sformułowania pytań badawczych.

Rozprawa składa się z dwóch części: teoretycznej i empirycznej. W pierwszej omówiono ogólnie budowę i działanie sztucznych sieci neuronowych (rozdział 1) oraz ich zastosowanie w kryminalistyce i antykryminalistyce (rozdział 2), a następnie wskazano na prawne (rozdział 3), praktyczne (rozdział 4) i metodologiczne (rozdział 5) aspekty ich wykorzystania w kryminalistyce. W części empirycznej omówiono eksperymenty przeprowadzone przez Autora, wskazując na problematykę ewaluacji (rozdział 6) i interpretacji (rozdział 7) sztucznych sieci neuronowych w odniesieniu do badań pismoznawczych; podano też przykłady wykrywania fałszerstw sztucznych sieci neuronowych w odniesieniu do identyfikacji pisma (rozdział 8). Całość zakończona została dyskusją uzyskanych wyników i ogólnym podsumowaniem rozprawy.

Strona językowa pracy nie budzi większych zastrzeżeń, choć można w niej odnaleźć drobne błędy językowe, interpunkcyjne i ortograficzne (uporczywe pisanie „w skutek” zamiast „wskutek” – np. na s. 81 i 82). Dość dowolnie Autor posługuje się określeniem „ekspert”, mimo że Kodeks postępowania karnego używa określenia „biegły” (co ważne – w tym zakresie mgr Maciej Marcinowski-Prażmowski odnosi się do definicji opartej w znacznej mierze na ustawie karnej procesowej, wskazując na osobę, która posiada „wiadomości specjalne, czyli informacje wykraczające poza powszechną wiedzę przeciętnego człowieka”). Niestety Kandydat w zakresie tej

definicji przywołuje podręcznik kryminalistyki, zamiast odwołać się do art. 193 § 1 kpk i orzecznictwa.

Koncepcja pracy jest prawidłowa, jednak dobór treści może budzić zastrzeżenia, bowiem więcej miejsca poświęcono rozważaniom technicznym, dotyczącym funkcjonowania sztucznych sieci neuronowych, niż kwestiom prawnym i kryminalistycznym. Nie neguję konieczności omówienia w dysertacji o tej problematyce zagadnień związanych z ogólną problematyką działania i wykorzystywania AI, jednak wydaje się, że w tym przypadku została zachwiana równowaga pomiędzy treściami prawniczymi i kryminalistycznymi a technicznymi. Wystarczy zresztą spojrzeć na typowo techniczny rozdział 1, który liczy 45 stron i porównać go z rozdziałem 3, dotyczącym aspektów prawnych wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w kryminalistyce, który zajmuje zaledwie 6 stron. Na usprawiedliwienie mgr. Macieja Marcinowskiego-Prażmowskiego można podnieść, że niewiele jest aktów prawnych (a także ich projektów), które wprost odnoszą się do wykorzystania sztucznej inteligencji. Jednakże podobne proporcje występują w rozdziałach, w których treści techniczne przeplatają się z kryminalistycznymi – na korzyść tych pierwszych; na przykład niewiele dowiemy się z dysertacji o metodach identyfikacji pisma ręcznego przez biegłych, podczas gdy jest to zagadnienie niezmiernie ważne, o ile sztuczne sieci neuronowe miałyby wspomagać wykonywanie takich ekspertyz kryminalistycznych.

Wykorzystanie źródeł oceniam pozytywnie (z drobnymi zastrzeżeniami, wskazanymi w dalszej części recenzji). Autor oparł się w głównej mierze na obcojęzycznej literaturze naukowej (w bibliografii wykazano 252 źródła); w większości są to opracowania dotyczące sztucznej inteligencji, bez wyraźnego nawiązania do jej wykorzystania w badaniach kryminalistycznych. Oparcie rozprawy na takiej literaturze świadczy o bardzo dobrym warsztacie badawczym Autora, bowiem w sposób twórczy potrafił on wykorzystać dotychczas opublikowane wyniki analiz i badań, jednak należy zauważyć, że w marginalny sposób potraktowano literaturę kryminalistyczną (zwłaszcza na temat badań identyfikacyjnych pisma ręcznego).

Oceniając warstwę merytoryczną rozprawy należy stwierdzić, że Autor niewątpliwie rozumie koncepcje i mechanizmy, które kierują działaniem sztucznych sieci neuronowych, przedstawia ich różne zastosowania, takie jak rozpoznawanie

wzorców, klasyfikacja i prognozowanie. W odniesieniu do innych algorytmów Doktorant słusznie wskazuje, że algorytmy genetyczne mogą być używane do optymalizacji parametrów w sztucznych sieciach neuronowych, co może prowadzić do lepszej wydajności w różnych zadaniach. Sieci neuronowe działają na zasadzie wykrywania wzorców w danych i porównywania ich z rzeczywistością. Wykrywanie wzorców przez sieci neuronowe jest często trudne do zrozumienia dla człowieka, ponieważ procesy decyzyjne są skomplikowane i niejawnie zakodowane w wielu wagach i połączeniach w sieci, jak poprawnie zaznacza Autor pracy.

W przypadku zastosowań kryminalistycznych istotne jest, aby metody były nie tylko skuteczne, ale także rzetelne. Tu pojawia się problem związany z ewaluacją sieci neuronowych. W kryminalistyce, dla uzyskania wiarygodnych wyników, konieczne jest przeprowadzenie rygorystycznych testów, które mogą potwierdzić lub obalić wyniki uzyskane przez sieć neuronową. Pozytywna weryfikacja polega na potwierdzeniu, że sieć działa poprawnie, natomiast negatywna – na obaleniu jej wyników. W pracy doktorskiej słusznie podkreślono, że sieci neuronowe są trudne do zinterpretowania, co sprawia, że ich pozytywna weryfikacja jest problematyczna, a negatywna jeszcze trudniejsza. Przykłady podane w tekście, jak używanie cech dyskryminacyjnych, które nie mają związku z rzeczywistością, wskazują na problemy z rzetelnością modeli sieci neuronowych. Z tego powodu Kandydat zasadnie wskazuje, że niezbędne jest rozwijanie metod ewaluacji specyficznych dla zastosowań kryminalistycznych. W dziedzinie algorytmiki sieci neuronowych obecne są jednak próby tworzenia modeli, które są wytłumaczalne (*explainable computer vision models*). W kontekście widzenia komputerowego modele te mają na celu zwiększenie interpretowalności sieci neuronowych poprzez wskazywanie, które obszary obrazu były istotne w procesie podejmowania decyzji. Na przykład mapy cieplne mogą wskazywać obszary obrazu, które miały największy wpływ na wynik klasyfikacji<sup>1</sup>. Te modele mogą potencjalnie pomóc w zrozumieniu, jak sieć neuronowa dokonuje decyzji, co może być ważne w kontekście zastosowań kryminalistycznych. Istnieje ogromna literatura naukowa na temat wytłumaczalnych modeli głębokiego uczenia maszynowego. Modele wytłumaczeniowe w kontekście widzenia komputerowego (w które wpisują się badania

---

<sup>1</sup> A. Das, P. Rad, Opportunities and Challenges in Explainable Artificial Intelligence (XAI): A Survey. In *arXiv [cs.CV]*, 2020, <http://arxiv.org/abs/2006.11371>, M.D. Zeiler, R. Fergus, Visualizing and Understanding Convolutional Networks, 2014, *Computer Vision – ECCV 2014*, s. 818–833.

pismoznawcze) dzielą się między innymi na *perturbation based explainability*<sup>2</sup>, *backpropagation based explainability*<sup>3</sup> oraz *activation map explainability*<sup>4</sup>. Autor pobieżnie odnosi się do tej literatury, cytując jedynie kilka publikacji w tym zakresie, i to w większości krytycznych.

Odnosząc się do badań empirycznych przeprowadzonych przez Kandydata, zauważyć warto, że bardzo wartościowe jest połączenie metodologii badań pismoznawczych z metodologią analiz głębokich sieci neuronowych. Jednakże obrona przez Autora metodologia nie jest wolna od problemów, które zostały opisane w pierwszych rozdziałach dysertacji. Nie wiadomo, dlaczego modele stworzone przez Autora mają wyznaczone wskazane wagi i parametry. Również nie zostało należycie wyjaśnione, w jaki dokładnie sposób model klasyfikuje cechy kobiece, leworęczności i inne, a więc model przyjęty przez mgr. Macieja Marcinowskiego-Prażmowskiego nie jest wolny od wad, które on sam wymienia w pracy. Dodatkowo, tworząc swoje modele i analizy statystyczne Doktorant posługuje się pojęciem istotności statystycznej  $\alpha < 0,05$ , co we współczesnej statystyce nie jest najlepszą miarą istotności różnic, zwłaszcza jeśli analizuje się duże zbiory – przy dużych zbiorach danych z łatwością uzyskuje się różnice istotne statystycznie, nawet jeśli są one niezwykle małe. Znacznie lepiej byłoby, gdyby Autor używał metod bayesowskich. Natomiast na podkreślenie zasługuje fakt, że badania przeprowadzone przez Kandydata są bardzo nowatorskie, oryginalne, szczegółowo opisane i przekonująco uzasadnione, a przy tym szczegółowo udokumentowane (także poprzez zamieszczenie w pracy licznych skanów i wykresów). Nie ulega wątpliwości, że wyniki eksperymentów mgr. Macieja Marcinowskiego-Prażmowskiego mają istotne znaczenie zarówno z punktu widzenia nauki, jak też praktyki. Rozprawa stanowi ważny wkład w badania pismoznawcze z użyciem algorytmów głębokiego uczenia. Szczególnie godna uwagi jest próba integracji metodologii badań pismoznawczych z zaawansowaną analizą sieci

---

<sup>2</sup> M.T. Ribeiro, S. Singh, C. Guestrin, “why should I trust you?”: Explaining the predictions of any classifier. In *arXiv [cs.LG]*, 2016, <https://doi.org/10.1145/2939672.2939778>

<sup>3</sup> A. Binder, G. Montavon, S. Lapuschkin, K.R. Müller, W. Samek, Layer-Wise Relevance Propagation for Neural Networks with Local Renormalization Layers. *Artificial Neural Networks and Machine Learning – ICANN 2016*, 2016, s. 63–71.

<sup>4</sup> A. Chattopadhyay, A. Sarkar, P. Howlader, V.N. Balasubramanian. Grad-CAM++: Generalized Gradient-Based Visual Explanations for Deep Convolutional Networks. *2018 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, 2018, s. 839–847.

neuronowych, co może prowadzić do lepszego zrozumienia ich potencjału i ograniczeń w kontekście badań kryminalistycznych. Poprzez wskazywanie na wyzwania związane z interpretacją sieci neuronowych, praca podkreśla potrzebę dalszego rozwoju metod ewaluacji i interpretacji w tym obszarze. Rozprawa stanowi ważny krok w kierunku zrozumienia możliwości i wyzwań związanych z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych w kryminalistyce. Dzięki oryginalnemu podejściu Kandydata, szczególnie w warstwie empirycznej, i przeprowadzeniu nowatorskich badań, z pewnością uznać należy, że Doktorant potrafi prowadzić badania naukowe oraz przedstawił dzieło będące oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego.

O dojrzałości naukowej Autora świadczą też dyskusja wyników badań i wnioski podsumowujące całość rozważań zawartych w pracy. Nie ulega wątpliwości, że podsumowanie badań teoretycznych i empirycznych wynika z wcześniejszych rozważań zawartych w rozprawie, a poza tym wnioski są niezwykle ostrożne i rozważne. Nie ulega wątpliwości, że Kandydat jest zwolennikiem wykorzystywania sztucznej inteligencji we wspomaganie ekspertyz kryminalistycznych, jednak zauważa niedoskonałości sztucznej inteligencji i niebezpieczeństwa związane z jej wykorzystaniem w opiniowaniu przez biegłych.

Recenzowana dysertacja jest niewątpliwie wartościowa zarówno z punktu widzenia nauki, w szczególności kryminalistyki, jak też praktyki, zatem konkludując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Macieja Marcinowskiego-Prażmowskiego pod tytułem „Aspekty praktyczne i metodologiczne zastosowania sztucznych sieci neuronowych w badaniach kryminalistycznych na przykładzie badań pismoznawczych” odpowiada wymogom, o których mowa w art. 187 ust. 2 ustawy z 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jedn. Dz.U. z 2022 r., poz. 574, ze zm.), czyli uznaję, że Autor przedstawił dzieło stanowiące oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Wnoszę więc o dopuszczenie Doktoranta do dalszych czynności przewodu doktorskiego.

*dr hab. Monika Całkiewicz, prof. ALK*