

PD/TT - wpt. 20.08.2024
M. Skon

Łódź 14.08.2023

dr hab. inż. Piotr Napieralski, prof. uczelni
Instytut Informatyki I72
Wydział Fizyki Technicznej Informatyki
i Matematyki Stosowanej
Politechnika Łódzka

Recenzja Rozprawy Doktorskiej

TYTUŁ ROZPRAWY:

Klasyfikacja zachowań postaci ludzkiej z wykorzystaniem uczenia maszynowego na podstawie trajektorii punktów charakterystycznych w reprezentacji 3D i 2D

Autor rozprawy:

mgr inż. Magdalena Pawlyta

PROMOTOR ROZPRAWY:

Promotor: prof. dr hab. inż. Konrad Wojciechowski

Promotor pomocniczy: dr inż. Przemysław Skurowski

Formalną podstawą opracowania recenzji jest pismo z dnia 01.08.2024 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Andrzeja Polańskiego.

ZAKRES TEMATYCZNY I REALIZACJA ROZPRAWY

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów. Całość rozprawy została przedstawiona na 176 stronach. Rozprawa koncentruje się na problematyce klasyfikacji zachowań postaci ludzkiej na podstawie trajektorii punktów charakterystycznych w reprezentacji 3D i 2D, wykorzystując metody uczenia maszynowego. Tematyka rozprawy obejmuje zagadnienia związane z analizą ruchu, głębokim uczeniem oraz technologią Motion Capture.

Rozdział pierwszy pełni funkcję wprowadzenia, gdzie Doktorantka definiuje kluczowe pojęcia i ramy teoretyczne, które stanowią podstawę dla dalszych badań.

Drugi rozdział zawiera przegląd literatury, w którym Doktorantka omawia metody reprezentacji danych oraz przegląd najpopularniejszych baz danych ruchu człowieka. Autorka dzieli problem klasyfikacji na kilka kluczowych etapów, takich jak rejestracja danych, ekstrakcja cech, segmentacja i sama klasyfikacja.

W rozdziale przedstawione są różne podejścia do reprezentacji danych, w tym metody estymacji szkieletowej oraz śledzenie punktów charakterystycznych, a także omówione są techniki głębokiego uczenia stosowane do automatycznej ekstrakcji cech i klasyfikacji. Doktorantka omawia różnorodne publicznie dostępne bazy danych ruchu człowieka, które są istotne dla tego rodzaju badań. Przegląd obejmuje zarówno bazy danych z kontrolowanymi warunkami nagrywania, jak i bazy z niekontrolowanymi nagraniami, takimi jak filmy z kamer monitoringu czy nagrania z serwisu YouTube. Rozdział ten pokazuje aktualny stan wiedzy na temat klasyfikacji zachowań człowieka oraz wyznacza ramy teoretyczne, które stanowią podstawę do dalszych badań prowadzonych w pracy.

W trzecim rozdziale Doktorantka omawia metody głębokiego uczenia, w tym konwolucyjne i rekurencyjne sieci neuronowe. W pierwszej części rozdziału wprowadza podstawowe pojęcia związane z głębokim uczeniem, opisując historię rozwoju metod oraz ich ewolucję od klasycznych sieci neuronowych do bardziej złożonych architektur. Omówione są różne sposoby uczenia sieci neuronowych, takie jak uczenie nadzorowane, nienadzorowane oraz częściowo nadzorowane. Dalsza część rozdziału poświęcona jest szczegółowemu opisowi konwolucyjnych sieci neuronowych (CNN) oraz rekurencyjnych sieci neuronowych (RNN), ze szczególnym uwzględnieniem ich specyficznych cech i zastosowań. Doktorantka wyjaśnia, jak działają te sieci, jakie mają zalety i w jakich kontekstach są najbardziej efektywne. Szczególną

uwagę poświęcono sieciom LSTM (Long Short-Term Memory), które są odmianą rekurencyjnych sieci neuronowych, zaprojektowaną do pracy z danymi sekwencyjnymi. Rozdział ten kończy się omówieniem wyboru architektur sieci neuronowych na potrzeby klasyfikacji zachowań człowieka, które są wykorzystane w dalszej części pracy. Autorka dokonuje przeglądu różnych możliwych architektur i uzasadnia wybór konkretnych modeli do realizacji założonych celów badawczych.

Czwarty rozdział dotyczy przygotowania bazy danych, w tym technologii Motion Capture, która stanowi podstawę badań niniejszej rozprawy. W tym rozdziale Doktorantka zaczyna od wyjaśnienia, czym jest technologia Motion Capture (MoCap) i jak jest wykorzystywana w kontekście jej badań. Autorka szczegółowo opisuje konfigurację użytego systemu MoCap oraz sposób rozmieszczenia markerów. Kolejnym istotnym elementem tego rozdziału jest wybór i opis prostych akcji, które zostały zarejestrowane przy pomocy systemu MoCap, takich jak chód, schylenie się, uderzenie czy kopanie. Opisane są również procesy oczyszczania zebranych danych z nieprawidłowości oraz ich standaryzacja, co miało na celu zapewnienie jak najwyższej jakości danych wejściowych do dalszych analiz. Doktorantka przedstawia także proces generowania danych dwuwymiarowych (2D) z trójwymiarowych trajektorii (3D) za pomocą rzutowania perspektywicznego, które pozwala na uzyskanie dokładnych reprezentacji ruchu z różnych perspektyw. Dzięki temu możliwe było stworzenie bazy danych, która mogła być wykorzystana zarówno do uczenia, jak i testowania modeli klasyfikacyjnych. Rozdział kończy się omówieniem procesu augmentacji danych, który pozwolił na sztuczne zwiększenie ilości dostępnych danych poprzez wprowadzenie różnych transformacji, co jest istotne w kontekście trenowania głębokich sieci neuronowych.

Piąty rozdział koncentruje się na klasyfikacji wybranych akcji prostych w przestrzeni trójwymiarowej z wykorzystaniem sieci LSTM i CNN. W pierwszej części rozdziału Doktorantka formułuje zadanie klasyfikacji, definiując kryteria, które muszą zostać spełnione, aby skutecznie rozpoznawać różne zachowania postaci ludzkiej. Opisuje także proces redukcji wektora wejściowego, co jest istotne ze względu na konieczność optymalizacji działania modeli klasyfikacyjnych. Następnie rozdział omawia strukturę wybranych sieci neuronowych, w szczególności rekurencyjnych sieci neuronowych LSTM oraz konwolucyjnych sieci neuronowych CNN. Doktorantka opisuje, jak te sieci zostały skonfigurowane, jakie hiperparametry zostały dobrane oraz jakie techniki zastosowano w celu optymalizacji ich działania. W dalszej części rozdziału Doktorantka przedstawia wyniki klasyfikacji przeprowadzonej z wykorzystaniem sieci LSTM i CNN, dokonując analizy jakości klasyfikacji dla różnych rodzajów akcji, takich jak chód, stanie, obroty, schylenie się, uderzenie czy kopnięcie. Każdy typ akcji jest szczegółowo omówiony, a wyniki klasyfikacji są oceniane pod kątem ich trafności oraz dokładności. Dokonywane tu są również porównania wyników uzyskanych z wykorzystaniem obu typów sieci neuronowych, wskazując na ich mocne i słabe strony. Analiza ta pozwala na wyciągnięcie wniosków dotyczących efektywności różnych podejść do klasyfikacji zachowań w przestrzeni trójwymiarowej. Rozdział kończy się wnioskami, w których Doktorantka podsumowuje uzyskane wyniki oraz omawia, w jaki sposób poszczególne czynniki, takie jak rozmiar wektora wejściowego, wpływają na dokładność klasyfikacji. Jest to ważna część pracy, ponieważ dostarcza bezpośrednich wyników eksperymentów, które są istotne dla osiągnięcia celów badawczych rozprawy.

Szesty rozdział to analiza wpływu rzutowania 2D na dokładność klasyfikacji zachowań. Na początku tego rozdziału Doktorantka formułuje zadanie badawcze, wyjaśniając, dlaczego analiza wpływu rzutowania 2D jest istotna w kontekście klasyfikacji zachowań postaci ludzkiej. W szczególności podkreśla, że rzutowanie perspektywiczne może wprowadzać pewne zniekształcenia, które mogą utrudniać poprawne rozpoznawanie zachowań przez modele uczenia maszynowego. Następnie rozdział opisuje struktury wybranych sieci neuronowych, takich jak LSTM i CNN, które zostały użyte do klasyfikacji trajektorii w postaci dwuwymiarowej. Doktorantka dokładnie omawia, jak zmiana rozmiaru wektora wejściowego oraz inne parametry wpływają na dokładność klasyfikacji w przypadku danych 2D. W kolejnych częściach rozdziału Doktorantka przeprowadza szczegółową analizę wyników klasyfikacji dla różnych typów akcji, takich jak chód, stanie, obroty, schylenie się, uderzenie czy kopnięcie, podobnie jak w przypadku rozdziału piątego, ale tym razem z uwzględnieniem efektów rzutowania 2D. Analiza ta obejmuje również porównanie wyników uzyskanych przy użyciu różnych architektur sieci oraz ich skuteczności w zależności



od zastosowanej metody rzutowania. Doktorantka omawia również wpływ rzutowania na rodzaje błędów klasyfikacyjnych oraz próbuje zidentyfikować wzorce, które mogą być charakterystyczne dla rzutowanych danych. Ważnym elementem tego rozdziału jest dyskusja na temat granic możliwości rzutowania 2D i jego praktycznych implikacji w zastosowaniach rzeczywistych. Rozdział kończy się porównaniem wyników klasyfikacji uzyskanych z wykorzystaniem trójwymiarowych i dwuwymiarowych danych, co pozwala na ocenę, w jakim stopniu rzutowanie wpływa na ogólną jakość klasyfikacji zachowań postaci ludzkiej. Autorka wskazuje także na potencjalne kierunki przyszłych badań, które mogłyby pomóc w przewyżczeniu ograniczeń związanych z rzutowaniem 2D.

Ostatni rozdział zawiera podsumowanie, w którym Doktorantka opisuje realizację celów badawczych. Rozdział rozpoczyna się od krótkiego przeglądu najważniejszych etapów badań opisanych w poprzednich rozdziałach, podkreślając kluczowe wnioski. Następnie przechodzi do oceny, w jakim stopniu udało się zrealizować postawione na początku pracy cele badawcze, zarówno te związane z klasyfikacją zachowań w przestrzeni trójwymiarowej, jak i te dotyczące wpływu rzutowania 2D na dokładność klasyfikacji. W podsumowaniu Doktorantka omawia, jakie wnioski można wyciągnąć z uzyskanych wyników, szczególnie w kontekście praktycznych zastosowań jej badań w takich dziedzinach jak monitoring, opieka zdrowotna czy analiza biomechaniczna. Podkreśla znaczenie technologii Motion Capture i głębokiego uczenia w kontekście rozpoznawania zachowań człowieka oraz ocenia skuteczność zastosowanych metod w porównaniu do innych dostępnych podejść.

OMÓWIENIE TREŚCI I WYNIKÓW ROZPRAWY

Niniejsza praca doktorska miała na celu opracowanie i zbadanie metod klasyfikacji zachowań postaci ludzkiej z wykorzystaniem głębokiego uczenia na podstawie trajektorii punktów charakterystycznych w reprezentacji 3D i 2D. Praca koncentrowała się na ocenie i rozwinięciu istniejących metod analizy ruchu oraz na opracowaniu nowych podejść, które mogłyby poprawić dokładność i efektywność klasyfikacji zachowań w kontekście różnych zastosowań, takich jak monitorowanie, medycyna czy interakcje człowiek-maszyna.

W pierwszym etapie badań, Doktorantka szczegółowo omówiła zagadnienia związane z problemem klasyfikacji zachowań człowieka. Rozdział drugi rozprawy prezentuje przegląd literatury na temat metod reprezentacji danych oraz dostępnych baz danych ruchu człowieka. Doktorantka opisała różne podejścia do analizy ruchu, w tym estymację szkieletową i śledzenie punktów charakterystycznych, wskazując na ich zalety i ograniczenia. Zostały omówione również publicznie dostępne bazy danych, które stanowiły podstawę do dalszych eksperymentów, a analiza literatury pozwoliła na identyfikację obszarów wymagających dalszych badań. Przegląd literatury jest obszerny 98 pozycji bibliograficznych. Pozycje obejmują zarówno artykuły z czasopism JCR, jak i materiały z konferencji oraz książki. Można jednak odnieść wrażenie, że analiza literatury jest miejscami powierzchowna. Zabrakło tutaj bardziej krytycznej oceny istniejących metod oraz wyraźnego wskazania luk badawczych, które Doktorantka zamierza wypełnić swoimi badaniami.

W drugim etapie pracy, przedstawionym w rozdziale trzecim, Doktorantka skupiła się na metodach głębokiego uczenia, które miały kluczowe znaczenie dla klasyfikacji zachowań postaci ludzkiej. Oprócz omówienia istniejących metod, takich jak konwolucyjne sieci neuronowe (CNN) i rekurencyjne sieci neuronowe (LSTM), Doktorantka przedstawiła proces doboru architektur tych sieci oraz ich konfigurację pod kątem specyficznych zadań klasyfikacyjnych. Rozdział ten dostarcza teoretycznego fundamentu dla późniejszych eksperymentów, wskazując na zalety i potencjalne ograniczenia stosowanych metod.

Rozdział czwarty pracy opisuje przygotowanie bazy danych z użyciem technologii Motion Capture (MoCap). Autorka dokładnie opisała proces akwizycji danych, standaryzacji oraz generowania trajektorii 2D z trójwymiarowych danych 3D. Zastosowanie technologii MoCap umożliwiło uzyskanie wysokiej jakości danych, które były istotne dla treningu i testowania sieci neuronowych. W rozdziale tym omówiono również proces augmentacji danych, który pozwolił na sztuczne zwiększenie liczby dostępnych próbek, co jest istotne dla skuteczności głębokiego uczenia. Uważam że Doktorantka mogła bardziej szczegółowo

omówić potencjalne źródła błędów w zebranych danych i ich wpływ na końcowe wyniki. Ponadto, zabrakło analizy, w jaki sposób ograniczenia technologii MoCap mogą wpływać na wiarygodność uzyskanych wyników.

Wyniki klasyfikacji zachowań w przestrzeni trójwymiarowej, przedstawione w rozdziale piątym, stanowią centralny element pracy. Autorka przeprowadziła eksperymenty z wykorzystaniem sieci LSTM i CNN, analizując skuteczność tych modeli w klasyfikacji różnych rodzajów zachowań, takich jak chód, stanie, obroty czy schyłanie się. Dokonano porównania obu typów sieci, a wyniki wskazały na różnice w dokładności klasyfikacji w zależności od typu sieci oraz rodzaju analizowanych danych. Praca skupia się głównie na zastosowaniu sieci CNN i LSTM, bez uwzględnienia innych potencjalnych metod głębokiego uczenia. CNN są skuteczne w ekstrakcji lokalnych cech z danych obrazowych, ale mogą mieć trudności z modelowaniem długodystansowych zależności przestrzennych i czasowych w danych ruchowych. LSTM są zaprojektowane do modelowania danych sekwencyjnych i radzenia sobie z zależnościami czasowymi, ale mają ograniczenia związane z długodystansowymi zależnościami i są mniej efektywne obliczeniowo w porównaniu np. do Transformerów.

W rozdziale szóstym przedstawiono wpływ rzutowania 2D na dokładność klasyfikacji zachowań postaci ludzkich. Zbadano, jak rzutowanie trójwymiarowych trajektorii na dwuwymiarowe obrazy wpływa na skuteczność stosowanych metod głębokiego uczenia. Analiza ta była szczególnie istotna, ponieważ pozwoliła na ocenę, w jakim stopniu zniekształcenia wprowadzone przez rzutowanie mogą wpływać na jakość klasyfikacji oraz na identyfikację potencjalnych błędów klasyfikacyjnych. Chociaż Doktorantka przedstawia uzyskane wyniki klasyfikacji, to brakowało bardziej wnikliwej analizy porównawczej z innymi metodami klasyfikacji. Doktorantka zidentyfikowała również, że pomyłki w klasyfikacji były często związane z konkretnymi osobami, co sugeruje, że pewne cechy indywidualne mogą wpływać na wyniki klasyfikacji, mimo że nie wykryto żadnych widocznych odstępstw w ich danych. W pracy zauważono, że pomyłki były częstsze w przypadku nagrań pochodzących z oprogramowania Vicon Nexus, co może wynikać z różnic w sposobie przymocowania markerów do skóry pacjentów oraz różnic w grupach referencyjnych.

Podsumowanie pracy, zawarte w rozdziale siódmym, dostarcza ogólnej syntezy uzyskanych wyników oraz oceny realizacji założonych celów badawczych. Doktorantka podkreśla znaczenie uzyskanych wyników zarówno dla teorii, jak i praktyki, wskazując jednocześnie na ograniczenia przeprowadzonych badań oraz na możliwe kierunki dalszych prac. Wyniki pracy dostarczają cennych wniosków, które mogą znaleźć zastosowanie w różnych dziedzinach związanych z analizą ruchu i klasyfikacją zachowań postaci ludzkiej.

Recenzowana praca wnosi wkład w dziedzinę analizy ruchu człowieka z wykorzystaniem metod głębokiego uczenia. Doktorantka przeprowadziła wiele żmudnych eksperymentów i trafnie oceniła zbadane metody w kontekście zastosowania w analizie ruchu. Przeprowadzone badania mogą przyczynić się do dalszego rozwoju tej dynamicznie rozwijającej się dziedziny nauki. Praca otwiera nowe perspektywy badawcze i praktyczne, oferując narzędzia, które mogą być wykorzystane w przyszłych badaniach i aplikacjach przemysłowych.

UWAGI POZYTYWNE

Rozprawa dotyczy bardzo aktualnego i złożonego zagadnienia klasyfikacji zachowań postaci ludzkich, co łączy w sobie elementy analizy ruchu, uczenia maszynowego oraz biomechaniki. Tematyka znajduje szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak medycyna, systemy monitoringu czy interakcje człowiek-maszyna, co nadaje pracy znaczną wartość naukową i praktyczną. Praca stanowi wartościowy zasób dla społeczności naukowej i inżynierskiej w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Doktorantka w swojej pracy wykorzystwała technologię Motion Capture (MoCap), która umożliwia precyzyjne śledzenie ruchów ciała. System MoCap, używany w pracy, pozwala na rejestrację nawet do 53 punktów charakterystycznych, co zapewnia szczegółową analizę ruchu, która byłaby trudna do uzyskania przy użyciu innych metod. Wysoka precyzja technologii MoCap podnosi jakość zebranych danych i stanowi znaczną zaletę opracowanych badań.

Za osiągnięcie należy uznać przygotowanie bazy danych oraz przeprowadzenia procesu rejestracji, oczyszczania i standaryzacji danych. Zastosowanie zarówno danych 3D, jak i 2D, oraz augmentacja danych pozwoliły na stworzenie bazy, która może być istotna dla innych badaczy chcących trenować modele uczenia maszynowego.

W pracy dokonano szczegółowej analizy wyników klasyfikacji, w tym badania wpływu parametrów takich jak rozmiar wektora wejściowego czy ustawienie kamery. Doktorantka wskazała na korelacje między ustawieniem kamery a dokładnością klasyfikacji oraz na asymetrię wpływu rzutowania perspektywicznego,

Praca charakteryzuje się innowacyjnym podejściem do problematyki klasyfikacji zachowań, szczególnie w zakresie analizy wpływu rzutowania 2D na wyniki klasyfikacji. Tego rodzaju badania mogą stanowić istotny wkład w rozwój technologii związanych z monitorowaniem i analizą ruchu.

Sformułowana wyżej pozytywna ocena przedstawionej do recenzji rozprawy, nie oznacza jednak, że zdaniem recenzenta, Doktorantka nie ustrzegła się pewnych niedogodności dotyczących zagadnień merytorycznych, kwestii organizacji prezentacji treści pracy, a także drobnych błędów językowych czy typograficznych. Zostaną one wyszczególnione w formie uwag, sugestii i pytań do Doktorantki w kolejnym podpunkcie niniejszej recenzji.

UWAGI DYSKUSYJNE I KRYTYCZNE

W niniejszym podpunkcie sformułowane zostaną uwagi dyskusyjne, krytyczne, sugestie oraz pytania recenzenta do Autorki przedstawionej rozprawy. Są one wyszczególnione niżej.

UWAGI MERYTORYCZNE

1. W rozdziale drugim, mimo obszernego przeglądu literatury (98 pozycji bibliograficznych), brakuje krytycznej oceny istniejących metod oraz wyraźnego wskazania luk badawczych. Przegląd literatury mógłby być bardziej dogłębny, z dokładniejszą analizą zalet i wad omawianych metod oraz ich potencjalnych zastosowań.
2. W rozdziale czwartym, dotyczącym przygotowania bazy danych z użyciem technologii Motion Capture, Doktorantka nie przeanalizowała wystarczająco szczegółowo potencjalnych źródeł błędów w zebranych danych i ich wpływu na końcowe wyniki. Zabrakło również analizy, w jaki sposób ograniczenia technologii MoCap mogą wpływać na wiarygodność uzyskanych wyników.
3. W rozdziale piątym praca skupia się głównie na zastosowaniu sieci CNN i LSTM, bez uwzględnienia innych potencjalnych metod głębokiego uczenia, takich jak sieci Transformer. Warto byłoby omówić, dlaczego te konkretne metody zostały wybrane i jakie są ich ograniczenia w porównaniu z innymi dostępnymi technikami. Czy mogłaby Pani bardziej szczegółowo uzasadnić, dlaczego zdecydowała się Pani na zastosowanie jedynie podstawowych wersji CNN i LSTM, zamiast bardziej zaawansowanych technik, takich jak sieci Transformer? Interesujące byłoby również poznanie argumentów za wykluczeniem innych metod oraz szczegółowe omówienie ograniczeń zastosowanych rozwiązań w porównaniu z dostępnymi alternatywami.
4. Choć w pracy wspomniano o wpływie zakłóceń i szumów, nie przeprowadzono szczegółowej analizy wpływu różnych typów zakłóceń na wyniki klasyfikacji. Przeprowadzenie takich badań mogłoby dostarczyć dodatkowych wniosków dotyczących odporności stosowanych metod na różnego rodzaju zniekształcenia danych.

UWAGI TYPOGRAFICZNE I JĘZYKOWE

1. Na pierwszej stronie „podziękowania” znajduje się literówka jest „wpsarcie” powinno być „wsparcie”.
2. Na pierwszej stronie „podziękowania” znajduje się literówka jest „ninejszej pracy” powinno być „niniejszej pracy”.
3. Na pierwszej stronie „podziękowania” znajduje się literówka jest „mojmu” powinno być „mojemu”.

4. W tekście zauważalne są pewne błędy interpunkcyjne, takie jak braki przecinków lub ich nieprawidłowe użycie.
5. Na stronie 35 obszar rzutowania zdefiniowany został jako „płótno” co rozumiem jest tłumaczeniem z języka angielskiego słowa „canvas”. Zastanawiam się nad zasadnością tłumaczenia, choć oczywiście pozostawiam ten temat otwarty, do dyskusji.
6. Na stronie 38 użyte jest sformułowanie „iloczyn krzyżowy” co wydaje się być kalką z języka angielskiego.
7. Na stronie 78 w podpisie pod rysunkiem 65 jest błąd ortograficzny. Napisane jest południowo-zachodniej powinno być południowo-zachodniej.
8. Na stronach 16, 25, 27, 28, 39, 42, 56, 98 jest nieprawidłowe użycie słowa „ilość”. Ilość dotyczy rzeczy niepoliczalnych (woda, mleko, pieniądze), jeśli coś jest policzalne (cechy, piksele, LEDy, kamery - występują w sztukach), to należy użyć słowa liczba.
9. Na stronie 114 w podpisie pod rysunkiem 107 jest błąd ortograficzny. Napisane jest południowo-zachodniej powinno być południowo-zachodniej.
10. Na stronie 137 znajduje się literówka jest „znjdowała” zamiast „znajdowała”.

KONKLUZJA

Oceniana rozprawa stanowi cenny wkład Doktorantki w poszerzenie wiedzy dotyczącej dziedziny analizy ruchu człowieka z wykorzystaniem metod głębokiego uczenia. Wyniki badań, przedstawione w pracy, są oryginalne i stanowią istotny wkład w rozwój dziedziny. Uwzględniając zarówno uwagi pozytywne, jak i te dyskusyjne i krytyczne, a także biorąc pod uwagę treść niniejszej recenzji, stwierdzam, że recenzowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Wykazuje ona również wiedzę teoretyczną Doktorantki w przedmiotowej dyscyplinie naukowej oraz jej umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Pawłyty pt. „Klasyfikacja zachowań postaci ludzkiej z wykorzystaniem uczenia maszynowego na podstawie trajektorii punktów charakterystycznych w reprezentacji 3D i 2D” spełnia wymogi formalne i wymagania, jakie ustawa o stopniach i tytule naukowym przewiduje dla rozpraw doktorskich w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie: informatyka techniczna i telekomunikacja.

Wnoszę o dopuszczenie przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

PIOTR NARCIANOWI

