

20 listopada 2024 r.

dr hab. inż. Leszek J. Chmielewski, prof. SGGW  
Instytut Informatyki Technicznej  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

## Recenzja rozprawy doktorskiej

autor rozprawy:

**mgr inż. Katarzyna Gościewska**  
Wydział Informatyki

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

tytuł rozprawy:

**Metoda rozpoznawania akcji wykorzystująca analizę kształtu na potrzeby wizyjnych systemów wspomaganie opieki nad osobami starszymi**

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na powołanie mnie, uchwałą Rady Dyscypliny Informatyka techniczna i telekomunikacja z dnia 24 września 2023 4., na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Gościewskiej. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Dariusz Frejlichowski, prof. ZUT. Przewód jest prowadzony w dyscyplinie *informatyka techniczna i telekomunikacja*.

## 1 Zawartość rozprawy

### 1.1 Charakterystyka ogólna

Rozprawa składa się z wprowadzenia, czterech rozdziałów numerowanych i zakończenia, oraz zawiera spis rysunków, spis tabel oraz bibliografię.

We wprowadzeniu szeroko omówiono kwestię aktywnego starzenia się, zdrowia i ogólniej jakości życia osób starszych. Na tym tle omówiono metody wspomaganie osób starszych w kontekście rozszerzonej opieki, co może wymagać metod monitorowania aktywności tych osób. W ten sposób przeprowadzono uzasadnienie użycia metod analizy obrazów w zakresie zagadnień aktywnego starzenia się. We wprowadzeniu znalazło się również wstępne omówienie metod rozpoznawania aktywności człowieka, w tym czujników ruchu i ogólnie sposobów wykorzystania informacji o ruchu osoby. Podano tam również motywacje dla podjęcia pracy, którą jest ważność celów zachowania jakości życia osób w starszym wieku.

W rozdziale 1. zaprezentowano zagadnienia będące tłem dla podjętych badań, czyli szerzej omówiono kwestię opieki nad osobami starszymi i systemów wspierających tę opiekę, szczególnie tych, które wykorzystują rozpoznawanie akcji na podstawie danych wizyjnych. Systemy monitoringu umożliwiają tak analizę normalnej aktywności seniora, jak i uruchomienie alarmu w razie stwierdzenia sytuacji zagrożenia. Różne scenariusze użycia w różne spodziewane korzyści stwarzają różne wymagania. Automatyzacja i przyspieszenie działania takich systemów umożliwiłyby prowadzenie analizy dla większej grupy osób przez ograniczony personel, lub bez udziału zewnętrznego personelu. Dostępność kamer i czujników ruchu, tak znajdujących się w smartfonach, w standardowych i medycznych urządzeniach noszonych na ciele, jak i zewnętrznych w ramach inteligentnego



domu, może spowodować rozwój różnorodnych aplikacji w zakresie aktywnego życia i teleopieki użytkowników dla dużych grup odbiorców.

Rozdział 2 obejmuje przegląd metod rozpoznawania akcji na podstawie sekwencji wideo, w tym metod klasycznych, wykorzystujących cechy i deskryptory kształtu, oraz metod wykorzystujących uczenie się. Opis rozpoczęto od globalnych deskryptorów kształtu obiektu pierwszoplanowego na obrazie binarnym z wykorzystaniem cech sylwetki, cech jej krawędzi lub przepływu optycznego. Dalej, omówiono deskryptory cech lokalnych (punktów charakterystycznych wykrywanych automatycznie). Dużo miejsca poświęcono algorytmom uczących się zarówno cech, jak i rozpoznawania. Są to głównie sieci głębokie, które na wejściu wymagają tylko samego obrazu nie przetworzonego, ale wymagają także dużych zbiorów uczących, szczególnie gdy mamy do czynienia z uczeniem nie nadzorowanym. W tym kontekście omówiono konwolucyjne (splotowe) głębokie sieci neuronowe. Zwrócono uwagę na to, że tradycyjne detektory i ekstraktory połączone z klasycznymi klasyfikatorami, lub rozwiązania hybrydowe z klasycznymi cechami i płytką siecią neuronową mogą być wystarczające do uzyskania wymaganej jakości rozpoznawania, przy niewielkich zbiorach uczących.

W rozdziale 3 zdefiniowano i dokładnie omówiono zaprojektowaną przez Doktorantkę, wizyjną metodę rozpoznawania akcji wykonywanych przez ludzi, z użyciem cech kształtu. Metoda ta może być wykorzystana w systemach monitoringu dla wspomagania osób starszych. Metoda została zaprojektowana przede wszystkim dla rozpoznawania przeznaczonych ćwiczeń dla seniorów do wykonywania w domu (nie dla rozpoznawania sytuacji zagrożenia zdrowia i życia). Skończona liczba etapów przetwarzania powoduje wygenerowanie deskryptora akcji na podstawie sekwencji wideo, w którym wykorzystano deskryptory kształtu używane do opisu obrazów statycznych. uwzględniane są także trajektorie wykonywanych ruchów. Dzięki temu opis jest prosty, wystarczająco ekspresyjny dla obrazu zmiennego, oraz elastyczny – rodzaj deskryptora i rozmiar danych można dostosowywać do zastosowania. Postać deskryptora umożliwia jego użycie zarówno w klasycznych klasyfikatorach, jak i w prostej jednokierunkowej sieci neuronowej.

Wyniki eksperymentów w których przebadano skuteczność opracowanej metody przedstawiono w rozdziale 4. Jakość tych wyników stanowi dowód skuteczności i przydatności metody w założonych scenariuszach użycia. Osiągnięto prawie idealną skuteczność klasyfikacji (jak to określa Autorka) przy zastosowaniu wybranych, prostych deskryptorów kształtu. Przy tym, zaproponowane rozwiązanie jest otwarte na wiele możliwości kalibracji ze względu na różne zastosowania. Osiągnięto przy tym znaczną redukcję wymiarowości danych o sekwencji ruchu, które są pojedynczym wektorem liczb. W eksperymentach w których uzyskano (niemal) najlepsze wyniki, kształt reprezentowany był w sposób uogólniony. Dodatkową zaletą jest fakt, że jednymi z najskuteczniejszych eksperymentów były te, które wykorzystywały uogólnioną wersję kształtu, dla której ekstrakcja danych z sekwencji obrazów jest stosunkowo prosta. Metodę można zastosować do skutecznego rozpoznawania aktywności pochodzących z różnych baz danych. Nada się ona do łączenia w podejściu hybrydowym, w którym wykorzystywane są klasyczne cechy kształtu i klasyfikator oparty na sieci neuronowej.

W rozdziale kończącym rozprawę dokonano podsumowania uzyskanych rezultatów. osiągnięto zadowalającą jakość klasyfikacji dla tych ćwiczeń, dla których metoda była projektowana. Sprawdzono to na dwóch bazach danych sekwencji obrazów. Pokazuje to, że cele zostały osiągnięte, a teza wykazana. Metoda może być rozszerzana, na przykład dla bardziej skomplikowanych działań, charakterystycznych dla ćwiczeń wykraczających poza zastosowania dla osób starszych.



## 1.2 Cel i teza

Cele i tezę pracy sformułowano w rozdziale stanowiącym wstęp do pracy.

Cel główny pracy to **opracowanie metody opartej na deskryptorach kształtu, przeznaczonej do rozpoznawania wybranych akcji wykonywanych przez postacie ludzkie na sekwencjach wideo, na potrzeby systemów monitorowania wizyjnego.**

Cele szczegółowe pracy są następujące:

1. dokonanie przeglądu literatury dotyczącej metod rozpoznawania akcji opartych na danych wizyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem metod ekstrakcji i reprezentacji cech danych obrazowych na potrzeby przygotowania reprezentacji akcji (na podstawie pojedynczego obrazu lub sekwencji wideo, tj. serii obrazów);
2. opracowanie ogólnej struktury przetwarzania danych o sylwetkach, której etapy będą modyfikowalne pod kątem doboru algorytmów opisu i dopasowania kształtu (elastyczność rozwiązania);
3. dostosowanie wyżej wymienionej struktury pod kątem zapewnienia redukcji wymiarowości danych wejściowych oraz możliwości dopasowania wielkości reprezentacji pojedynczej akcji;
4. przeprowadzenie eksperymentalnej weryfikacji skuteczności zaproponowanego podejścia dla najpopularniejszych algorytmów opisu kształtu dwuwymiarowego;
5. przeprowadzenie eksperymentów weryfikujących skuteczność klasyfikacji, w tym porównanie klasyfikatorów tradycyjnych i klasyfikatora opartego na sieciach neuronowych;
6. przeanalizowanie uzyskanych wyników eksperymentalnych w kontekście skuteczności i jakości rozpoznawania wybranych rodzajów aktywności, spotykanych w systemach monitoringu wizyjnego z modułem automatycznej analizy zawartości obrazów.

Tezę badawczą pracy sformułowano jak następuje.

Wykorzystanie cech kształtu sylwetek wyekstrahowanych z sekwencji wideo pozwoli na opracowanie skutecznej metody rozpoznawania akcji wykonywanych przez pierwszoplanowe postacie ludzkie na potrzeby zastosowania w systemach wspomagania opieki bazujących na monitoringu wizyjnym.

## 2 Dyskusja zawartości i wyników rozprawy

### 2.1 Uwagi pozytywne

#### 2.1.1 Ważność tematyki rozprawy

Procesy starzenia się społeczeństwa, wynikające tak ze zwiększania się długości życia (co jest korzystne) oraz zmniejszania liczby urodzeń (co jest niekorzystne) są doniosłą przesłanką dla prowadzenia badań nad metodami i technikami wspierania zdrowego starzenia się. Przedstawiona praca doktorska znajduje się w centrum nurtu takich badań.

#### 2.1.2 Opis stanu wiedzy

Autorka przedstawiła bardzo systematycznie zagadnienia wynikające z powiększania się w społeczeństwie grupy osób starszych i zmniejszania się grup potencjalnego wsparcia, będące w zakresie szeroko pojętego wspomagania samodzielności i zdrowego starzenia się. Wymieniła i skrótowo scharakteryzowała liczne systemy detekcji rodzaju aktywności osób monitorowanych, w tym także

detekcję zaburzeń poznawczych i sytuacji niebezpiecznych. Z opisu wynika, że stosowane były rozmaite cechy sylwetki człowieka w ruchu, od bardzo uproszczonych, jak elipsa i prostokąt opisany, czy trójkąt stopy-głowa, do złożonych, generowanych przez głębokie sieci neuronowe. Przeglądu dokonywano przy podziale cech na globalne, odnoszące się do sylwetek ludzkich w całych sekwencjach wideo, oraz lokalne, odnoszące się do charakterystycznych punktów odnajdywanych w algorytmach poszukujących obszarów o dużej zmienności intensywności obrazu, które mogą przedstawiać istotne cechy (punkty zainteresowania, cechy znaczące itd.). Osobno rozważono metody wykorzystujące głębokie sieci neuronowe. Stan wiedzy w interesującym zakresie został więc dogłębnie opisany. Nie wynika z niego, że złożone metody uczenia głębokiego są najlepszym rozwiązaniem w rozważanym zastosowaniu; przeciwnie, mniejsze sieci lub prostsze metody opisu sceny ruchomej i klasyfikacji okazywały się od nich lepsze. Te obserwacje posłużyły jako podstawa do podjęcia poinformowanej decyzji o wyborze zestawu metod do badań w ramach recenzowanej pracy.

### 2.1.3 Nowość zastosowanej metody

Doktorantka podjęła decyzję zastosowania większej liczby wybranych metod spośród znanych i sprawdzonych metod analizy obrazu, reprezentacji kształtu i klasyfikacji. Spośród tych metod można wybierać te, które w danym zastosowaniu okazują się zapewnić wynik o najwyższej jakości. Celem ogólnym jest uzyskanie opisu danej sekwencji w postaci sygnatury o małej objętości. Doktorantka uzyskała sygnatury w postaci wektora liczb. Sygnatury takie okazały się wystarczające do rozpoznania typu akcji.

Klasycznie, wyróżniono cztery etapy przetwarzania: uzyskanie obrazu binarnego sylwetki człowieka, opis kształtu, transformacja sygnałów, oraz klasyfikacja. Na trzech ostatnich spośród tych etapów jest możliwość wyboru metod.

Jako etapy przetwarzania zastosowano następujące operacje.

**Binaryzacja** Tu zastosowano odejmowanie tła, eliminację klatek nie nadających się do przetwarzania, oraz korekcję sylwetki metodami morfologicznymi.

**Opis kształtu** oprogramowano do wyboru szereg cech, od prostych, jak średnice Fereta, poprzez bardziej złożone, jak parametry korzystające z otoczki wypukłej, po kilka metod momentowych (w tym momenty Zernike'a) i cech opartych na analizie Fouriera posiadających różne właściwości niezmienniczości. Cechy te były liczone tak dla powierzchni, jak i dla konturu sylwetki. W każdej metodzie, w której deskryptor nie był skalarem, zastępowano deskryptor miarą jego podobieństwa (korelacji) lub niepodobieństwa (odległością) w stosunku do deskryptora dla pierwszej klatki. Do tego zawsze dodawano położenie środka ciężkości sylwetki, dla ustalenia, czy mamy do czynienia z sylwetką pozostającą w jednym miejscu, czy poruszającą się.

**Transformacja sygnału** Transformacje zostały tak zaprojektowane, aby uzyskać wektor cech rzeczywistych o wybranej długości dla każdej sekwencji wideo. Są to współczynniki jednowymiarowej transformaty Fouriera i widmowa gęstość mocy, czyli periodogram. Cechy były także normalizowane do zakresu  $[0, 1]$ .

**Klasyfikacja** Zastosowano po pierwsze metodę najbliższego sąsiada z odległością Euklidesową lub korelacją, albo korelacją z miarą  $L_1$ , zwaną w pracy korelacją  $C_1$ . Po drugie, zastosowano klasyczną sieć neuronową z jedną warstwą ukrytą, uczoną metodą gradientu sprzężonego.

Można by powiedzieć, że metody te zostały przyjęte arbitralnie, oraz, że pominięto głębokie sieci neuronowe. Jednak powtórzę, że zakres i dogłębność opisu stanu wiedzy, jakiego dokonała Doktorantka, jest bardzo dobrym uzasadnieniem dla przedstawionego wyboru metod.



Metody te można składać w bardzo dużą liczbę konfiguracji. Wyniki uzyskane dla wybranych konfiguracji przedstawiono w czwartym rozdziale rozprawy. Pokazały one, że wśród możliwych konfiguracji znajdują się podzbiory bardzo skuteczne w rozwiązywaniu postawionego zadania, osiągające dokładności dochodzące do 100%. To uzasadnia, że obrana droga do wskazania najlepszych metod okazała się właściwa.

#### 2.1.4 Weryfikacja metod

Metody sprawdzano na testowych bazach: *Weizmann* i AMASS (ściślej, bazy MoVi powstałej na jej podstawie). Obrazy z tych dwóch baz miały różne rozdzielczości, różne liczby klatek na sekundę, różne liczby klas (osiem i pięć), różne sposoby prowadzenia kamery. Użycie dwóch baz pozwoliło sprawdzić jak metody zachowują się dla różnych danych.

Po setkach eksperymentów na bazie *Weizmann* Doktorantka wskazała co następuje, w największym skrócie.

Klasyfikator najbliższego sąsiada: proste cechy kształtu (wyrażające proporcje kształtu, liczone bezpośrednio na kształcie) z odległością Euklidesową dla akcji wykonywanych w miejscu dają największą dokładność: 100%, zaś dla akcji w ruchu dla korelacji  $C_1$ : 86%.

Klasyfikator najbliższego sąsiada: cechy obliczone na podstawie prostokąta ograniczającego o dowolnym nachyleniu z korelacją  $C_1$  dla akcji w miejscu (obwód): 100%, dla akcji w ruchu (pole): 92%.

Klasyfikator jako sieć neuronowa: przy wielu cechach, w tym takich samych, jak w poprzednim klasyfikatorze, dokładności przekraczające 99%.

Uzyskane wyniki, przy wykorzystaniu mniejszej liczby danych, są nie gorsze, lub lepsze, niż te uzyskane w literaturze, co stwierdzono na podstawie analizy kilkunastu źródeł.

Na bazie AMASS, znowu na podstawie setek eksperymentów, przy parametrach dokładnie opisanych w pracy, uzyskano dokładność 99.7% przy zastosowaniu pola otoczki wypukłej jako cechy kształtu, przy 43 neuronach w warstwie ukrytej sieci neuronowej (nie jest to największa badana wielkość).

Zatem, po przeprowadzaniu znacznej liczby eksperymentów, w których przebadano wiele konfiguracji całości algorytmu, najlepsze okazały się cechy bardzo proste. Dokładność klasyfikacji bliską lub równą 100%, co oznaczało zero, jeden lub najwyżej dwa błędy dla całych zbiorów sekwencji ruchu, jest możliwa do uzyskania tylko przy zastosowaniu takich właśnie, prostych cech.

Jest to wartościowy i ciekawy wynik, uzyskany na podstawie nadzwyczaj dogłębnej, szczegółowej analizy, przygotowanej na podstawie obszernej literatury przedmiotu. Jest on z jednej strony nieco zaskakujący, a z drugiej jednak dość oczywisty. Ludzki system wzrokowy najprawdopodobniej również ujmuje proste, nie wymagające obliczeń cechy, szczególnie, gdy rozpoznaniu podlega coś tak nam bliskiego, jak wyraźnie widoczna sylwetka ludzka.

#### 2.1.5 Publikacje

Doktorantka ma indeks Hirscha 8 (Google Scholar) i 6 (Scopus). W bazie Scopus jest 26 jej publikacji z 92 cytowaniami pochodzącymi z 74 dokumentów. Pani Katarzyna Gościewska jest pierwszym autorem 13 z tych prac i ostatnim jednej. W Google Scholar artykułów jest 34 (w tym ciekawa praca o zachowaniu psa w klinice weterynaryjnej, niestety tylko na podstawie ankiet). Jest to pokaźny dorobek dla etapu doktoratu w ścieżce kariery naukowej.



### 2.1.6 Redakcja rozprawy

Rozprawa została bardzo starannie zredagowana od strony technicznej z zastosowaniem wielu możliwości, jakie daje system składu dokumentów L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

## 2.2 Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Uwagi są raczej wstępem do dyskusji podczas obrony, niż krytyką.

**Czas obliczeń** Nie odnalazłem w pracy wzmianek o czasie obliczeń. Jakkolwiek użycie środowiska Matlab pokazuje, że czas nie był krytycznym czynnikiem w badaniach, zaś wszystkie lub prawie wszystkie deskryptory były bardzo proste do obliczenia, to jednak podanie czasów dla różnych deskryptorów, przy okazji podawania danych o uzyskanych dokładnościach, byłoby bardzo potrzebne. Jeśli metody miałyby działać w domu osoby, nad którą sprawowana jest piecza, to mielibyśmy do dyspozycji zapewne procesor telefonu komórkowego lub podstawowego komputera. Zastosowanie środowiska Matlab byłoby nierealne. Jak czas przetwarzania miałby się do czasu rzeczywistego?

**Parametry** Jak zwykle, w metodach użyte są dziesiątki parametrów, od tak zrozumiałych, jak próg długości ścieżki ruchu, oddzielający sylwetki statyczne od ruchomych, do licznych parametrów użytych w cechach, w kompresji danych do wektorów liczbowych (sama długość tych wektorów). Gdzieś wewnątrz tego zbioru kryje się liczba najbliższych sąsiadów w metodzie najbliższych sąsiadów, równa jeden. Kwestii doboru parametrów zasadniczo nie można uniknąć, nie można też oczekiwać optymalizacji ze względu na wszystkie parametry, choć korzystne jest to, że jest tylko jedno kryterium optymalizacji, czyli dokładność rozpoznania. Badano różne zestawy metod. Jak Doktorantka określa szansę, że globalne optimum zostało znalezione w tej przestrzeni?

**Jakość klasyfikacji** Zastosowano tylko miarę *dokładność*. Szkoda, że pominięto kwestie błędów między klasami. Rozumiem, że w tym zastosowaniu błąd między taką czy inną klasą mają podobne znaczenie. Jednak, w zadaniach z wieloma klasami standardem jest pokazanie macierzy pomyłek. Byłoby ciekawe dowiedzieć się, które klasy ruchów są ze sobą najczęściej i najrzadziej mylone.

Dalsze uwagi podane tutaj są na pograniczu uwag merytorycznych i redakcyjnych. Zresztą, wszystkie te uwagi należy uważać raczej za podstawę do dyskusji. Nie podważają one mojej ogólnej pozytywnej oceny rozprawy doktorskiej.

**Jednowarstwowe sieci neuronowe** Pisząc o takich sieciach (np. s. 26<sup>13</sup>) Autorka miała na myśli, jak sądzę, sieci z jedną warstwą ukrytą.

**Antropomorfizacja** Wielokrotnie w pracy pojawiają się zdania mówiące, że rozdział coś omawia lub że wyniki coś udowodniły. Klasyczny styl pisanie publikacji wymagał, aby w rozdziałach coś opisywano, lub aby wyniki stanowiły dowód. To autor omawia, opisuje i udowadnia, lecz ukrywa się za formami bezosobowymi. Podobnie, nie można planować, że zrobimy coś w sposób zrozumiały dla komputera (s. 23<sub>11,10</sub>). Jest jasne, że style pisanie się zmieniają. Obserwuję ze zdumieniem, że niektórzy redaktorzy nadal upierają się na przykład przy rycinach, nie uważając, że zastąpiły je rysunki. Jednak, pozostajmy przy sformułowaniach precyzyjnych. Nauka jest miejscem spotkania rozwoju i tradycji, bez utraty zdrowego rozsądku.

**Tłumaczenie terminów (terminu)** Czy *wearable devices* to *urządzenia ubieralne*? Raczej nie takie, które można *ubrać*, lecz takie, które można *nałożyć* i *nosić*. Ale może takie, *w które się można ubrać*. Niektórzy tłumaczą to jako *urządzenia nasobne*, *urządzenia do noszenia na ciele*

(to tłumaczenie również zostało użyte w pracy), albo niezgrabnie uciekają od tłumaczenia mówiąc o *urządzeniach wearable*. W czasach gdy temat takich urządzeń dopiero powstawał mówiliśmy opisowo o urządzeniach noszonych lub noszonych na sobie. To sprawa poboczna, więc tu zakończę jej omawianie.

## 2.3 Uwagi redakcyjne i techniczne

Pracę napisano i zredagowano nadzwyczaj staranie. Potknięcia są drobne i bardzo nieliczne. Zauważam je tylko dla porządku, nie spodziewam się omawiania ich w odpowiedzi na recenzję.

**Anakolut:** Niemal w każdej pracy, od inżynierskiej do habilitacyjnej, jest przynajmniej jeden *anakolut* [2]. Anakoluty są plagą języka polskiego. W recenzowanej pracy doktorskiej anakolut znalazł się na stronie 10<sup>14–16</sup>: *Skupiając się na problemie analizy akcji wykonywanych przez człowieka, potencjalne aspekty problematyczne będą związane z charakterystyką samego ruchu człowieka oraz rodzajem nagrania wideo*.

**Nawiasy, np. wzór 3.2:** Zewnętrzny nawias należałoby zapisać jako `\left( ... \right)` – wielkość nawiasów zostanie dopasowana do zawartości. Łatwiej tak napisać, niż ręcznie wybierać nawiasy `\big(`, `\Big(`, `\bigg(`, `\Bigg(`.

**Brak numerów DOI:** W spisie literatury identyfikatory DOI, które od dawna są standardem, w formie aktywnych linków, bardzo ułatwiłyby pracę z rozprawą. W braku DOI, jak np. w pracy (Goodfellow, 2014), można podać adres URL. Obie te funkcjonalności doskonale wspiera program BibT<sub>E</sub>X, którego Autorka na pewno używała (choć URL i aktywne DOI trudno uzyskać w stylu bibliograficznym Chicago).

**Nomenklatura:** Cechy bywają nazywane atrybutami, należałoby ujednolicić nomenklaturę. Zamiast *benchmark* można powiedzieć *zbiór testowy*. Zamiast *dylatacja*, w kontekście metod morfologicznych lepiej powiedzieć *dylacja* [1].

**Cudzysłowy:** Zamiast `'run'` lepiej napisać `'run'` – zastosowano otwierający pojedynczy cudzysłów (‘), lewa strona klawiatury, góra.

**S. 54<sub>5</sub>:** ~~dwumiarowego~~dwuwymiarowego.

## 3 Podsumowanie

W rozprawie można wyróżnić istotne elementy oryginalne oraz inne pozytywne aspekty omówione w rozdziale 2.1, zaś uwagi dyskusyjne i krytyczne omówione w rozdziale 2.2 nie umniejszają w istotny sposób wartości pracy.

Cele pracy zostały osiągnięte, a teza została potwierdzona.

W rozprawie zaproponowano i przebadano użyteczną, koncepcyjnie prostą metodę klasyfikacji akcji wykonywanej przez człowieka w ramach ćwiczeń mogących wspierać proces zdrowego starzenia się. Prosta metoda została wskazana poprzez wybór, na podstawie dokładności klasyfikacji, spośród setek możliwych kombinacji zaawansowanych i prostych metod opisu kształtu i redukcji danych.

**Wnioski** Powyższy opis, uwzględniający uwagi pozytywne jak również uwagi dyskusyjne i krytyczne, uzasadnia moje ostateczne wnioski o następującej treści.

Recenzowana rozprawa w postaci opracowania pisemnego **stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego** w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Rozprawa



wykazuje i prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydatki w tej dyscyplinie naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zagadnienie badawcze zostało prawidłowo postawione i skutecznie rozwiązane, a rozwiązanie zostało rzetelnie zweryfikowane. Tym samym rozprawa spełnia wymagania określone w art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, a także art. 187.1 i 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. **Rozprawę oceniam pozytywnie** i stawiam wniosek o skierowanie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



## Literatura

- [1] M. Nieniewski. *Morfologia matematyczna w przetwarzaniu obrazów*. Problemy Współczesnej Nauki: Informatyka. Akademicka Oficyna wydawnicza PLJ, Warszawa, 1998. URL: [http://bluebox.ippt.pan.pl/~mnieniew/morfologia\\_matematyczna/](http://bluebox.ippt.pan.pl/~mnieniew/morfologia_matematyczna/).
- [2] G. Pietrzak. Anakolut. W: G. Pietrzak, red., *Skarbnica Figur Retorycznych*, 2024. [Dostęp: 9 listopada 2024]. URL: <https://figury.net.pl/slownik/anakolut>.