

## ***Streszczenie rozprawy doktorskiej***

*mgr. inż. Dawida Warchoła*

*p.t. „Rozpoznawanie statycznych układów dłoni na podstawie chmur punktów  
otrzymywanych z kamer 3D”*

Zakres rozprawy obejmuje opracowanie metodyki rozpoznawania statycznych układów dłoni na podstawie chmur punktów otrzymywanych z kamer 3D ze szczególnym uwzględnieniem wyboru i modyfikacji deskryptorów chmur punktów, ukierunkowanych na poprawę skuteczności rozpoznawania, skrócenie czasu obliczeń i zmniejszenie liczby cech w danych uczących. Opracowane metody nie korzystają z informacji innej niż głębia i nie wymagają od użytkownika specjalnego ubioru, używania dodatkowych elementów pomocniczych, takich jak rękawice czy opaski na nadgarstku, ani wykonywania gestów na jednolitym tle.

Zaproponowano trzy algorytmy segmentacji dłoni: metodę obszaru gestykulacji i metodę dokładnej segmentacji w wariancie niezależnym oraz zależnym od przechylenia dłoni wokół osi równoległej do osi optycznej kamery. Omówiono stosowane w algorytmie rozpoznawania usuwanie punktów izolowanych i downsampling. Przedstawiono sposób zastosowania tzw. bryły brzegowej chmury punktów, wraz z propozycją podziału jej obszaru na prostopadłościenną komórki.

W celu pozyskiwania cech do klasyfikacji gestów zaproponowano wykorzystanie trzech globalnych deskryptorów chmur punktów: Viewpoint Feature Histogram, Global Radius-based Surface Descriptor oraz Ensemble of Shape Functions. Dokonano modyfikacji drugiego i trzeciego deskryptora oraz opracowano dodatkową cechę wystawionych palców.

Opracowano oprogramowanie do adnotowania danych, pomocne w przeprowadzaniu eksperymentów wykorzystujących dane o charakterze sekwencyjnym. Składa się ono z frameworka (szkieletu) aplikacji automatycznie adnotującej oraz biblioteki do przetwarzania adnotacji.

Przeprowadzono eksperymenty dotyczące rozpoznawania statycznych układów dłoni przy użyciu proponowanych metod. Zastosowano cztery zbiory danych, z których trzy są publicznie dostępne a jeden został przygotowany przez autora. Badania polegały na: wyborze sposobu podziału bryły brzegowej i cech deskryptorów chmur punktów, ocenie skuteczności cechy wystawionych palców oraz ocenie skuteczności algorytmów klasyfikujących. Przetestowano pięć algorytmów: metodę  $k$ -najbliższych sąsiadów, rozszerzoną metodę najbliższych sąsiadów, probabilistyczną sieć neuronową, klasyfikator wspólnej reprezentacji oraz maszynę wektorów nośnych wraz z dwiema metodami klasyfikacji wieloklasowej: jeden-przeciw-wszystkim i każdy-przeciw-każdemu. Uzyskane wyniki porównano, pod względem skuteczności rozpoznawania i czasu obliczeń, z rezultatami dostępnymi w literaturze.

Zaproponowano i zweryfikowano na przygotowanej przez autora bazie danych metodę rozpoznawania sekwencji statycznych układów dłoni w formie akronimów literowanych przy użyciu Polskiego Alfabetu Palcowego. Zastosowano ukryte modele Markowa bazujące na modelach przejść pomiędzy układami dłoni odpowiadającymi poszczególnym literom, opisywanymi za pomocą opracowanych cech.

## ***Summary of the doctoral dissertation***

*Dawid Warchol M.Sc. Eng.*

*"Recognition of hand postures using point clouds obtained from 3D cameras"*

The scope of the dissertation includes development of methods for hand posture recognition using point clouds obtained from 3D cameras with particular emphasis on selection and modification of point cloud descriptors to improve classification effectiveness, shorten the computational time and decrease the quantity of features in training data. The developed methods do not use data other than depth, nor they require a user to wear a special outfit, using additional accessories, such as gloves, wrist bands, nor performing gestures on a uniform background.

Three segmentation algorithms were devised: the method of gesticulation area and the method of precise segmentation with two variants: independent and dependent on inclination of a hand around the axis parallel to the optical axis of the camera. Point cloud filtering methods used in the recognition algorithm, including removal of isolated points and downsampling, were discussed. The usage of point cloud bounding box with the proposition of its division to cuboidal cells was presented.

In order to extract features used in classification, three global point cloud descriptors were proposed: Viewpoint Feature Histogram, Global Radius-based Surface Descriptor and Ensemble of Shape Functions. The second and third descriptors were modified and the additional feature of extended fingers was devised.

The software tools supporting data annotation, useful in experimentation with sequential data, was developed. It consists of the framework of automatically annotating application and the programming library for annotation processing.

The experiments related to recognition of hand postures with the usage of the developed methods were performed. Four datasets were used, three of which are publically available and one was prepared by the author. The experiments included: selection of the variant of bounding box division into cells, selection of features of the point cloud descriptors, assessment of effectiveness of the extended fingers feature, assessment of effectiveness of classification algorithms. Five algorithms were used:  $k$ -nearest neighbors, extended nearest neighbors, probabilistic neural network, collaborative representation classifier and support vector machine with two methods of multiclass classification: One-Against-All and All-Against-All. The obtained results were compared, in terms of recognition rate and computational time, with results presented in literature.

The method for recognition of hand posture sequences, in the form of acronyms fingerspelled using the Polish Finger Alphabet, was proposed and verified using dataset prepared by the author. The Hidden Markov Models were used for classification purposes based on the models of transitions between the postures corresponding to particular letters, described using the devised features.