

## Streszczenie

Praca doktorska dotyczy zagadnień związanych z przetwarzaniem sekwencji wideo przy zastosowaniu podejścia deep learning w celu automatycznej oceny aktywności pracownika na stanowisku roboczym. Głównym celem rozprawy jest opracowanie nowego modelu do automatycznego generowania instrukcji stanowiskowych przy zastosowaniu metod uczenia głębokiego (Convolutional Neural Network, Convolutional Neural Network+Support Vector Machine, Convolutional Neural Network + Region Based Convolutional Neural Networks/ You Look Only Once). Model opracowano dla działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie, w którym prowadzone są szkolenia dla osób podejmujących zatrudnienie na danym stanowisku pracy (w rozważanym przypadku na stanowisku serwisanta kotła na paliwo stałe).

W rozprawie zaprezentowano zagadnienia związane z użyciem sztucznych sieci neuronowych do analizy i przetwarzania obrazu, dokonano charakterystyki sztucznych sieci neuronowych i architektury współcześnie używanych sieci konwolucyjnych. Przedstawiono i szczegółowo opisano elementy modelu badawczego, których zastosowanie pozwala na przetwarzanie sekwencji wideo w celu weryfikacji wykonywanych czynności serwisowych, tj. w szczególności sześciu autorskich algorytmów:

- Algorytm 1: analiza zbioru klatek referencyjnych oraz podział tego zbioru na czynności składowe procedury serwisowej wraz z wyznaczeniem etapów każdej z czynności.
- Algorytm 2: wyznaczanie cechy klatek referencyjnych i testowych przy zastosowaniu CNN+SVM.
- Algorytm 3: identyfikacja obiektów na klatkach referencyjnych oraz testowych.
- Algorytm 4: identyfikacja etapu czynności poprzez porównanie etykiet klas obiektów i cech klatek materiału testowego, oraz cech i etykiet klas obiektów dla klatek referencyjnych.
- Algorytm 5: wyznaczenie na podstawie zidentyfikowanego etapu czynności grupy instrukcji graficznych, które zostaną wyświetlone pracownikowi technicznemu.
- Algorytm 6: wykrywanie nieprawidłowości w kolejności wykonywanych czynności oraz etapów czynności serwisowych przez pracownika.

Przeprowadzono eksperymenty badawcze z wykorzystaniem: Programu Matlab R2019a, konwolucyjnych sieci neuronowych (bazujących na architekturach Cifar10Net, Resnet18, Alexnet) z klasyfikatorami Softmax oraz SVM, detektora obiektów R-CNN działającego w oparciu o sieć konwolucyjną. Wyniki eksperymentów badawczych weryfikujących zastosowaną metodę badawczą są następujące:

Eksperyment 1: Wyodrębniono cechy referencyjnych i testowych klatek materiału wideo (Algorytm 2). Na podstawie cech klatek referencyjnych wyznaczono klatki testowe odpowiadające

klatkom wzorcowym (Algorytm 4). Do identyfikacji obiektów (Algorytm 3) na obrazie użyto sieci konwolucyjnej z dwoma typami klasyfikatorów. Zastosowanie CNN z SVM pozwoliło na identyfikację 3 z 6 rodzajów obiektów znajdujących się na klatkach obrazu, CNN z klasyfikatorem Softmax umożliwił wykrycie tylko 1 obiektu.

Eksperyment 2: Wyznaczono etapy czynności serwisowej (Algorytm 1) na podstawie których wyodrębniono cechy referencyjnych klatek materiału wideo (Algorytm 2). Na podstawie cech klatek referencyjnych wyznaczono klatki testowe odpowiadające klatkom wzorcowym (Algorytm 4). Zidentyfikowano obiekty znajdujące się na klatkach obrazu (Algorytm 3). Porównano cechy klatek obrazu a na podstawie otrzymanych danych wyznaczono klatki o podobnej „zawartości”. Skuteczność wyniosła 94,009%. Wygenerowano scenariusz postępowania na podstawie kolejnych etapów czynności serwisowej (Algorytm 5).

Eksperyment 3: Wyznaczono etapy czynności serwisowej (Algorytm 1). Wyodrębniono cechy referencyjnych klatek materiału wideo (Algorytm 2). Na podstawie cech klatek referencyjnych wyznaczono klatki testowe odpowiadające klatkom wzorcowym (Algorytm 4). Skuteczność: Resnet18 94%, Alexnet 87,51%. Zidentyfikowano obiekty znajdujące się na klatkach obrazu (Algorytm 3) z wykorzystaniem detektora R-CNN oraz YOLOv3-COCO. Porównano zidentyfikowane obiekty znajdujące się na klatkach referencyjnych i testowych (Algorytm 4). Skuteczność detekcji obiektów Cifar10Net 61,66%, Alexnet 48,33%, YOLO 73,15%. Wygenerowano scenariusz postępowania na podstawie kolejnych etapów czynności serwisowej (Algorytm 5). Zaimplementowano element kontroli czasu realizowanego etapu czynności (Algorytm 6).

W końcowym etapie prac badawczych zbudowano system informatyczny wspomagający proces szkoleń pracowniczych działający w oparciu o zaproponowany model. Rozwiązanie działa w oparciu o utworzony ręcznie dataset zawierający obiekty 11 klas. Zaprojektowany system może być zastosowany nie tylko do analizy czynności przeprowadzanych dla kotła na paliwo stałe. Odpowiednio przygotowany (wytrenowany) system może być wykorzystany w wielu dziedzinach przemysłu.