

## Streszczenie

**Tytuł:** *Uczenie maszynowe w zastosowaniu do różnicowania nowotworów nerek na podstawie obrazowania tomograficznego*

Guzy nerek to szósta wśród najczęściej występujących odmian chorób nowotworowych. Pomimo rozwoju opieki medycznej nadal charakteryzuje się niezadowalającymi metodami terapii. Szczególnie istotnym problemem jest wieloetapowa diagnostyka, która utrudnia szybkie podjęcie specjalizowanego leczenia. W pracy opracowano system automatycznej analizy obrazowania medycznego, który mógłby wspomagać proces diagnostyki 7 typów zmian chorobowych nerek, w tym czterech podtypów złośliwych, 2 łagodnych oraz torbieli (patologii nienowotworowej). Przeanalizowano możliwość różnicowania typów zmian na podstawie wyników pierwszego etapu diagnostycznego, którym jest badanie tomografii komputerowej, służące lekarzom specjalistom jedynie jako narzędzie lokalizacyjne guzów. Na potrzebę przeprowadzonych eksperymentów, zebrany został zbiór 254 wyników badań tomografii komputerowej z kontrastem. Dotyczył pacjentów ze zweryfikowaną patologią nerki przez badanie histopatologiczne. Zbiór danych jest wynikiem współpracy ze szpitalem Wojskowego Instytutu Medycznego w ramach grantu NCN OPUS12 nr 2016/23/B/ST6/00621.

W pracy przeanalizowano szeroki wachlarz zagadnień związanych z analizą obrazowania medycznego – od metod przetwarzania obrazów, technik opisu wzorców, przez metody ich klasyfikacji oraz wiarygodnej ewaluacji wyników. Porównano ze sobą klasyczną architekturę systemu klasyfikacji wzorców z wykorzystaniem analizy teksturalnej oraz różne metody tworzenia trenowalnych reprezentacji z wykorzystaniem sieci głębokich. Aby dodatkowo poprawić skuteczność systemu, autorka pracy zaprojektowała system zespołowej klasyfikacji, który pozwolił na osiągnięcie wyników na poziomie  $69.86 \pm 6.62\%$  średniej miary F1 w zadaniu klasyfikacji siedmioklasowej. Uzyskiwane wyniki wyraźnie przewyższają te raportowane w dostępnych artykułach naukowych, pomimo rozszerzenia zadania o dodatkowe klasy. Wyniki pracy, dzięki zaproponowanemu protokołowi ewaluacji ilościowej i jakościowej, mogą być transferowalne nie tylko do innych zagadnień analizy obrazowania radiologicznego zmian nowotworowych, ale również do wszelkich zagadnień charakteryzujących się niskim kontrastem, małym rozmiarem oraz dużą różnorodnością wzorców obrazowych.

**Słowa kluczowe:** *uczenie maszynowe, głębokie uczenie, analiza teksturalna, nowotwory nerek, klasyfikacja obrazów medycznych, tomografia komputerowa*

## Abstract

**Title:** *Machine learning methods in renal tumour detection based on computed tomography imaging*

Neoplastic diseases such as renal carcinomas pose a significant challenge for the healthcare system due to their increasing prevalence and deficient treatment methods. The most considerable bottleneck is the current diagnosis procedure, which consists of 2 independent medical examinations. It results in patients waiting, even though the earlier the treatment, the better the results.

This thesis proposed a solution for automated diagnosis of the seven most popular renal tumour subtypes (four malignant, two benign, and a cyst) based purely on computed tomography scans. In diagnostic practice, medical imaging is usually used only for localisation purposes, as the manual type classification is error-prone and not sensitive enough to minor details hidden in the scans. The study was conducted on a dataset comprising 254 single-phase contrast-enhanced computed tomography scans of patients with neoplastic diseases. The scans, annotations, and histopathologically confirmed diagnoses were gathered in cooperation with the Military Institute of Medicine (funding: NCN grant OPUS12 2016/23/B/ST6/00621). The thesis explores a wide range of topics, covering each step of the diagnosis system, from data curation, processing, and transformation through methods of automated feature generation, pattern classification, and reliable evaluation. Two primary representation methods were compared: classic, based on texture analysis, and contemporary, utilising recent advancements in deep learning. Thanks to the proposed ensembling strategy, results reached  $69.86 \pm 6.62\%$  of the mean F1 score, significantly surpassing the current state-of-the-art in renal tumour diagnosis.

Results of the work can find applications not only in the analysis of radiological imaging but also in any computer vision tasks characterised by low contrast, small size, and non-separable image patterns. Presented computer-aided diagnosis systems can assist medical specialists in prioritising emergency cases that need immediate treatment and contribute to large-scale screening tests.

**Keywords:** *machine learning, deep learning, texture analysis, renal tumours, medical image classification, computed tomography*