

Liczenie pieniędzy

Kacper Nawrot 145246
Michał Olszewski 144482

4 grudnia 2021

Spis treści

1	Opis projektu	2
2	Działanie algorytmu	3
3	Wyszukiwanie i klasyfikacja monet	7
4	Wyszukiwanie i klasyfikacja banknotów.	10
5	Wyniki	12
5.1	Zdjęcia łatwe	12
5.2	Zdjęcia średnie	27
5.3	Zdjęcia trudne	37
6	Podsumowanie	47

1 Opis projektu

Celem projektu jest stworzenie programu komputerowego, którego zadaniem jest rozpoznawanie wybranych monet i banknotów wykorzystywanych w Polsce. W naszym rozwiązaniu skupiliśmy się na detekcji i identyfikacji następujących monet: 1gr, 10gr, 1 zł, 2 zł, 5 zł oraz banknotów 10 zł, 20zł, 50zł i 100 zł.

Przy realizacji projektu zabronione było wykorzystanie w pełni gotowych rozwiązań ułatwiających wyszukiwanie i analizę pieniędzy na obrazach.

2 Działanie algorytmu

Na początku barwy obrazu są zmieniane na czarno-białe. Kolejno grafika poddawana jest rozmyciu za pomocą funkcji *GaussianBlur*, a później na zdjęcie nakładane jest progowanie. Na końcu wykrywamy kontury.

Przykład dla banknotu:



Rysunek 1: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 2: Zdjęcie monochromatyczne

Liczenie pieniędzy



Rysunek 3: Zdjęcie rozmazane



Rysunek 4: Zdjęcie po wykonaniu progowania

Liczenie pieniędzy

Przykład dla monet:

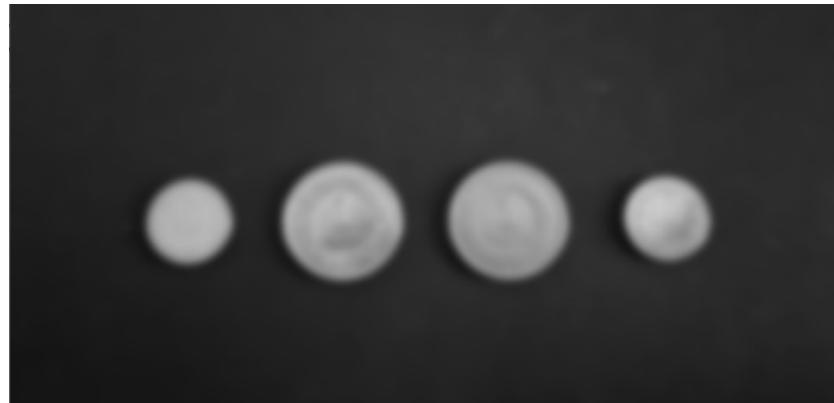


Rysunek 5: Oryginalne zdjęcie

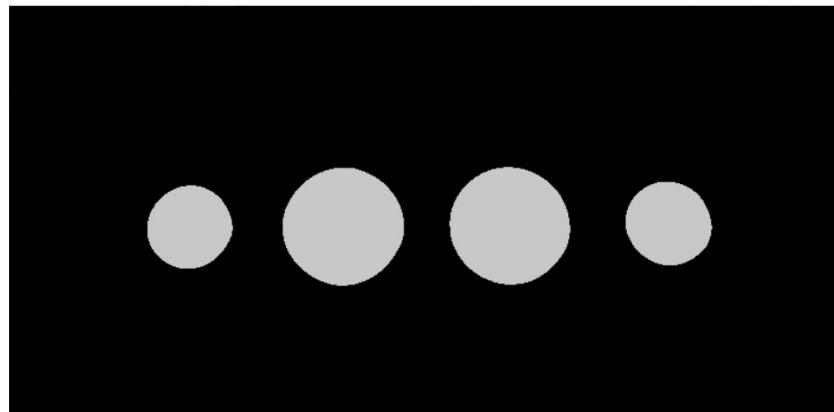


Rysunek 6: Zdjęcie monochromatyczne

Liczenie pieniędzy



Rysunek 7: Zdjęcie rozmazane



Rysunek 8: Zdjęcie po wykonaniu progowania

3 Wyszukiwanie i klasyfikacja monet

Wyszukiwanie monet odbywa się dzięki użyciu funkcji *HughCircles*, dostępnej w bibliotece *OpenCV*. Wstępnie monety rozróżniane są na podstawie kolorów. Za pomocą maski wyodrębniany jest środek monety oraz pierścień (moneta bez wcześniej wyciętego środka).

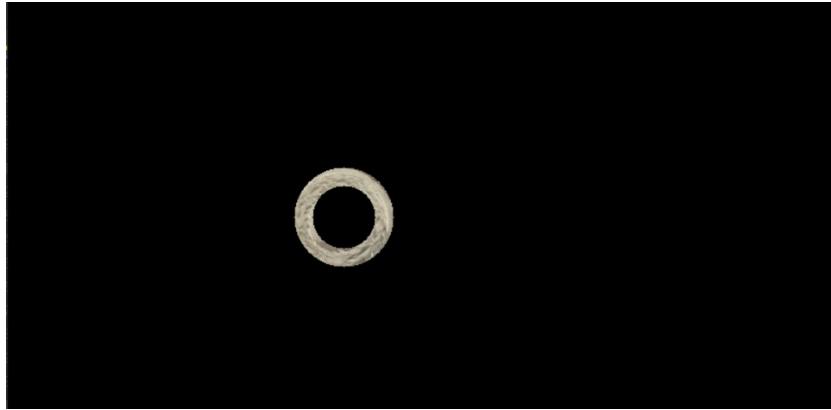
Na poniższych zdjęciach zaprezentowany jest przykładowy środek oraz pierścień wycięty z monety o nominale 1 zł.



Rysunek 9: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 10: Środek monety



Rysunek 11: Pierścień monety

Każdy pixel różny od czarnego ($R = 0, G = 0, B = 0$), poddawany jest dalszej analizie. Obliczamy sumę wartości bezwzględnych różnic poszczególnych wartości kolorów:

$$|R - G| + |R - B| + |B - G|$$

Następnie wartość ta zostaje uśredniona. Na drodze eksperymentów wybraliśmy następujące wartości progowe:

- średnia $> 130 \implies$ złoto
- średnia $\leq 130 \implies$ srebro

W kolejnym kroku, na podstawie uśrednionego koloru środka oraz pierścienia klasyfikujemy monety. Jeżeli:

- środek jest złoty i pierścień jest złoty \implies 1 gr,
- środek jest złoty i pierścień jest srebrny \implies 5 zł,
- środek jest srebrny i pierścień jest złoty \implies 2 zł,
- środek jest srebrny i pierścień jest srebrny \implies 10 gr lub 1 zł.

Dla niektórych przykładów, np. 10 gr i 1 zł, powyższa metoda nie jest wystarczająca do odróżnienia monet. Musimy je poddać dalszej analizie, gdzie wyróżniliśmy trzy przypadki:

- 1. Oprócz monet 10 groszowych lub 1 złotowych występują również inne monety.**

W celu odróżnienia 10 gr i 1 zł obliczamy stosunek promienia monety, innej niż 10 gr i 1 zł, do promienia złotówki i dziesięciogroszówki. Następnie, na podstawie porównania stosunków do wzorca (stałych, teoretycznych wartości stosunków) podejmowana jest decyzja.

- 2. Występują wyłącznie monety 1 złotowe i monety 10 groszowe.**

W sytuacji, gdy na zdjęciu widoczne są tylko nominały 1 zł i 10 gr, obliczana jest wartość maksymalnego oraz minimalnego promienia monet. Następnie sprawdzamy, czy promień tej monety mieści się w przedziale od 90% do 110% maksymalnego promienia. Jeśli tak, to moneta uznawana jest za 1 zł, a w przeciwnym wypadku za 1 gr.

- 3. Występują wyłącznie monety 1 złotowe lub 10 groszowe**

W tym przypadku nie możemy zastosować powyższych metod. Badaliśmy zależności między monetami, np. odchylenia standardowe oraz wariancję średniego koloru środka monet. Na drodze eksperymentów odrzuciliśmy te działania z uwagi na bardzo zbliżone, wręcz identyczne wartości dla obu monet. Skuteczną taktyką okazała się klasyfikacja na podstawie liczby konturów w środkach monet. Jeżeli algorytm znalazł ≥ 20 konturów to na zdjęciu widoczna jest moneta jednozłotowa, w przeciwnym wypadku mamy do czynienia z 10 gr.

4 Wyszukiwanie i klasyfikacja banknotów.

Z listy znalezionych konturów sprawdzamy, czy jakiś kontur jest czworokątem. Dodatkowo zakładamy, że banknot jest odpowiednio duży, to znaczy, że iloraz jego długości i szerokości jest większy od 15 000 pixeli oraz maksymalnie zawiera się w 85% zdjęcia.

Z każdego z banknotów wycinany jest środek, a następnie fragment ten poddawany jest analizie kolorów. Sprawdzana jest uśredniona wartość kolorów (B,G,R).



Rysunek 12: Wycięty środek banknotu

Liczenie pieniędzy

W kolejnym kroku, na podstawie uśrednionego koloru środka klasyfikujemy banknoty. Jeżeli:

- największą wartość przyjmuje składowa R, a minimalną G \Rightarrow 20zł,
- największą wartość przyjmuje składowa R, a minimalną inną niż G \Rightarrow 10zł,
- największą wartość przyjmuje składowa B \Rightarrow 50 zł,
- w przeciwnym wypadku \Rightarrow 100zł.

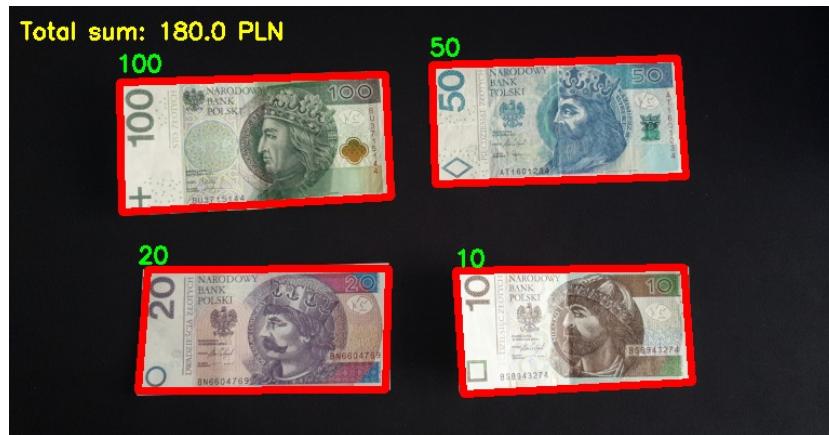
Po dokonaniu klasyfikacji algorytm nakłada obramowanie na banknot.

5 Wyniki

5.1 Zdjęcia łatwe



Rysunek 13: Oryginalne zdjęcie

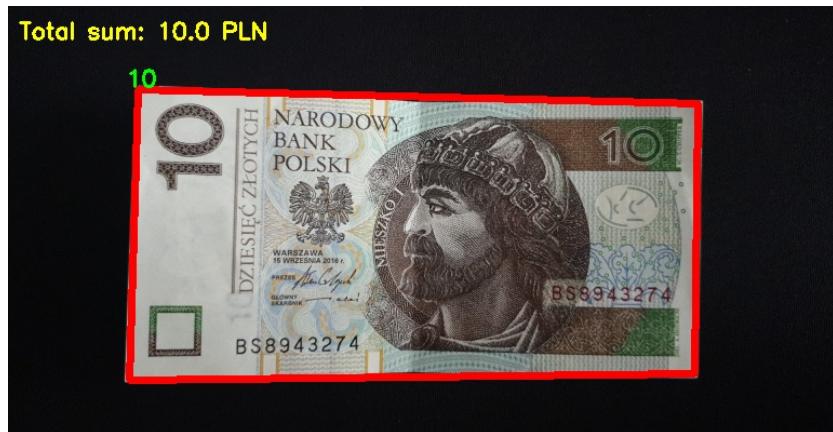


Rysunek 14: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 15: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 16: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 17: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 18: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 19: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 20: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 21: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 22: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 23: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 24: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 25: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 26: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 27: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 28: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 29: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 30: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 31: Oryginalne zdjęcie

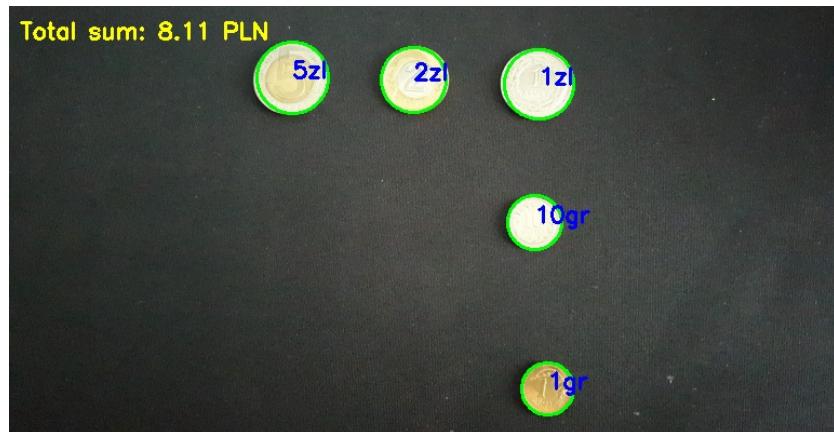


Rysunek 32: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 33: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 34: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 35: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 36: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 37: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 38: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 39: Oryginalne zdjęcie

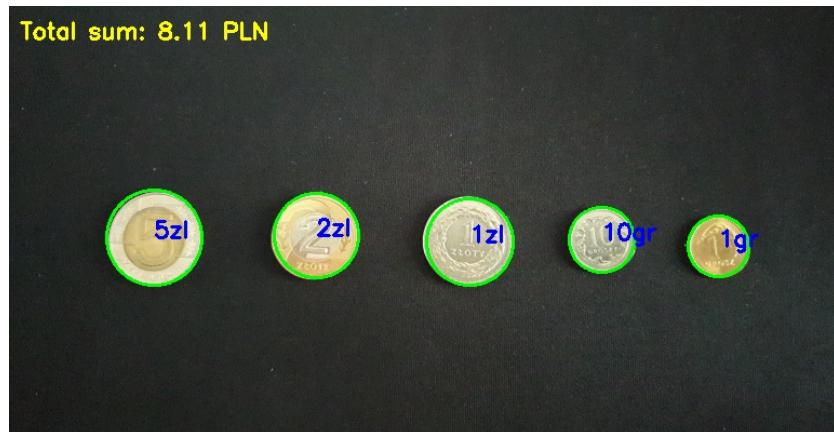


Rysunek 40: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 41: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 42: Zdjęcie po przekształceniach

5.2 Zdjęcia średnie



Rysunek 43: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 44: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 45: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 46: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 47: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 48: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 49: Oryginalne zdjęcie

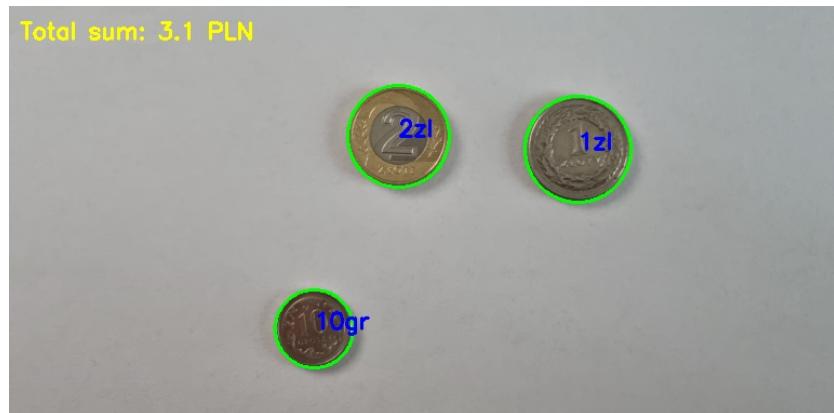


Rysunek 50: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 51: Oryginalne zdjęcie

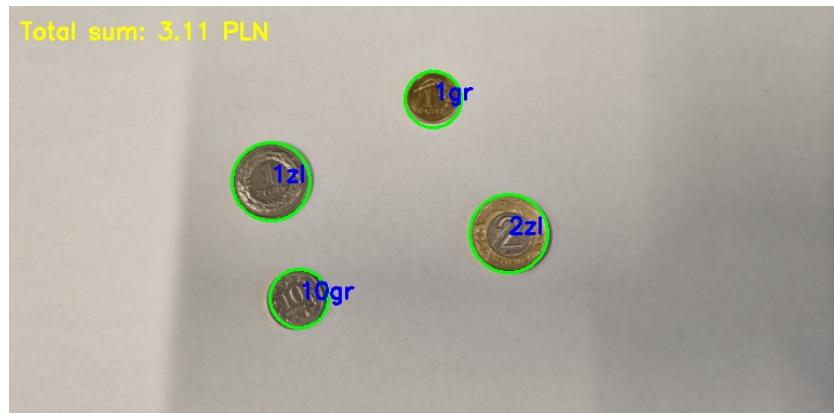


Rysunek 52: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 53: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 54: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 55: Oryginalne zdjęcie

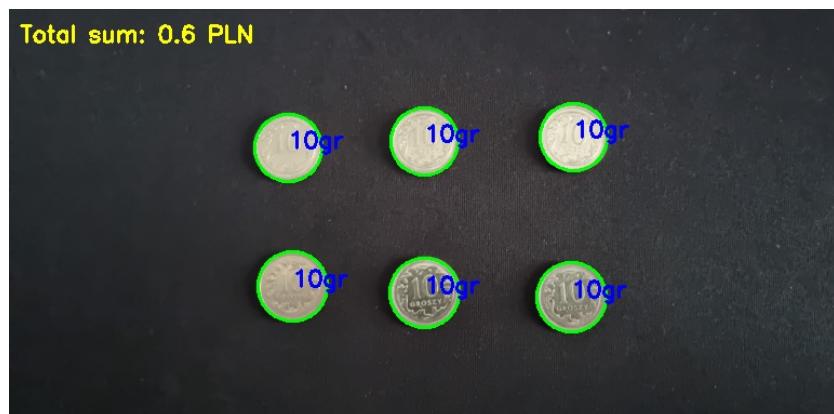


Rysunek 56: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 57: Oryginalne zdjęcie

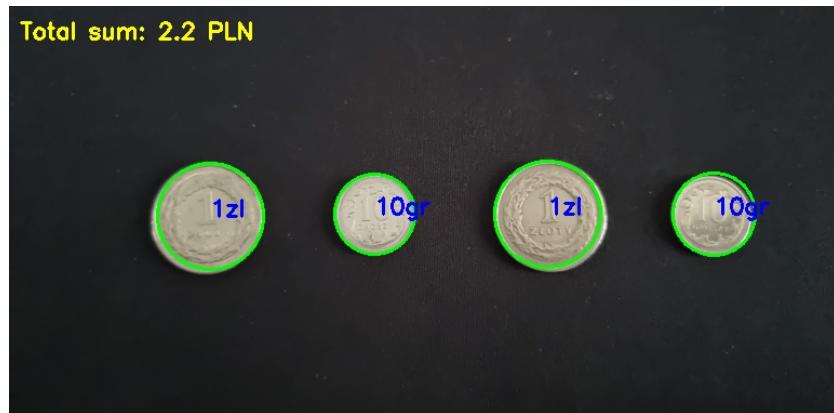


Rysunek 58: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 59: Oryginalne zdjęcie

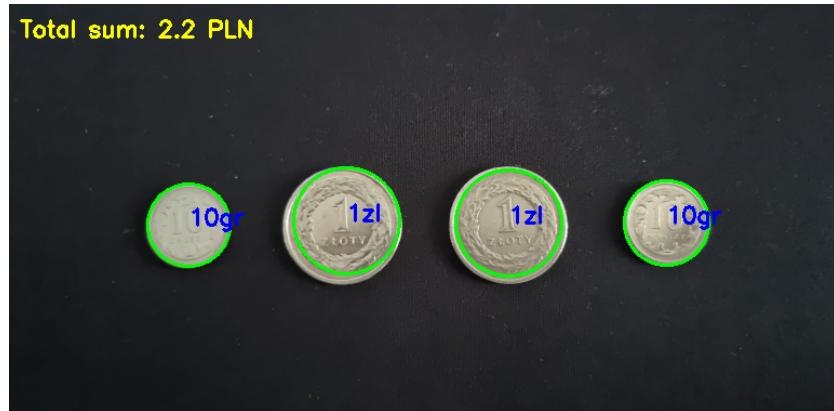


Rysunek 60: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 61: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 62: Zdjęcie po przekształceniach

5.3 Zdjęcia trudne



Rysunek 63: Oryginalne zdjęcie

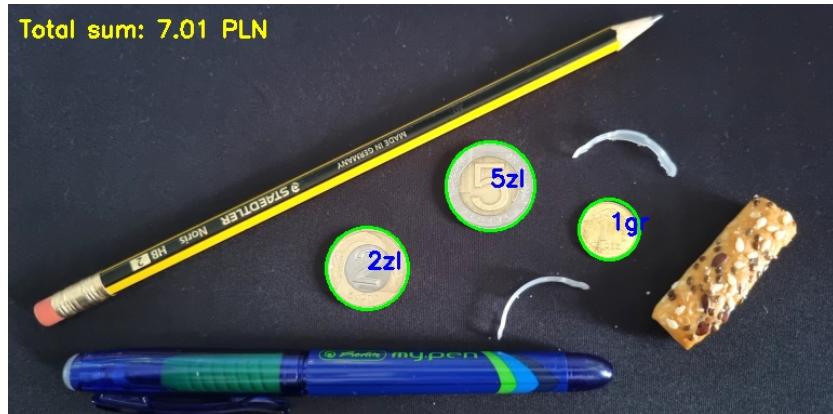


Rysunek 64: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 65: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 66: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy

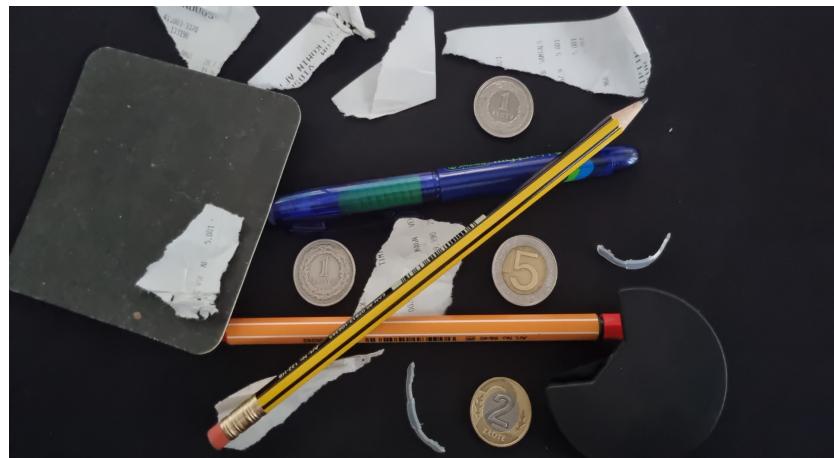


Rysunek 67: Oryginalne zdjęcie

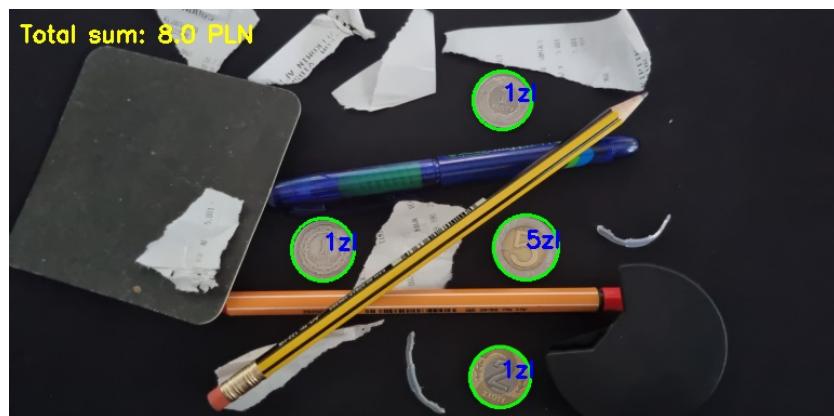


Rysunek 68: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 69: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 70: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 71: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 72: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 73: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 74: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 75: Oryginalne zdjęcie

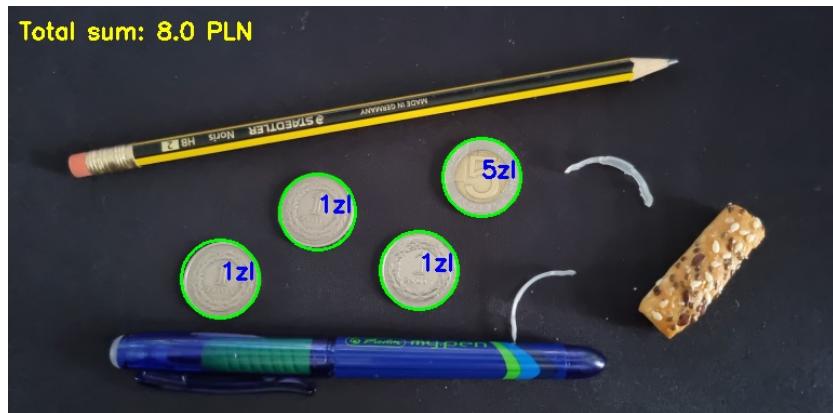


Rysunek 76: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 77: Oryginalne zdjęcie

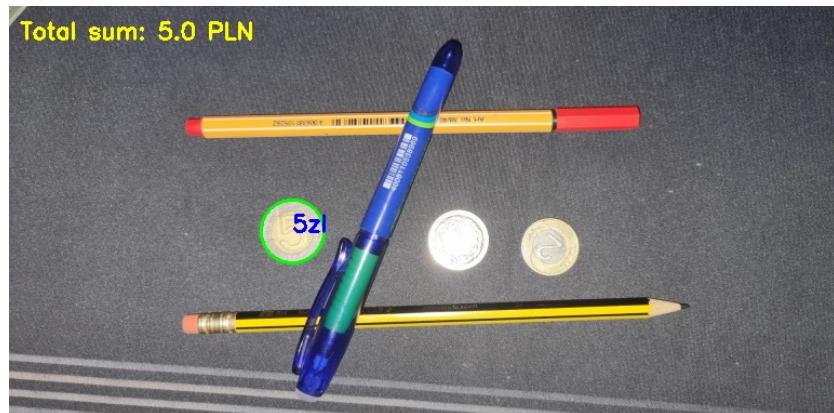


Rysunek 78: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 79: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 80: Zdjęcie po przekształceniach

Liczenie pieniędzy



Rysunek 81: Oryginalne zdjęcie



Rysunek 82: Zdjęcie po przekształceniach

6 Podsumowanie

- **Zdjęcia łatwe**

Kontury monet i banknotów są poprawnie odnajdywane. Obliczana kwota zgadza się ze stanem faktycznym.

- **Zdjęcia średnie**

Zdjęcia na ciemnym i jasnym, gładkim tle przetwarzane są poprawnie. Dodatkowe przedmioty będące w kadrze nie stwarzają problemów. Banknoty są wykrywane nawet na zdjęciach robionych „pod kątem”.

- **Zdjęcia trudne**

Algorytm dobrze sobie radzi z dużą ilością dodatkowych przedmiotów na ciemnym, gładkim tle. Kiedy tło jest wzorzyste, jak w przypadku paneli podłogowych, czy koca dla psa, program wykrywa pieniądze w sposób niepoprawny lub w ogóle ich nie wykrywa.

- **Usprawnienie kodu działania programu**

- Dużym usprawnieniem kodu byłoby napisanie własnej funkcji znajdującej kontury z dużą dokładnością na różnych powierzchniach. Funkcja *HoughCircles* nie jest wystarczająca w przypadku różnego oświetlenia, kilku źródeł światła, czy „rozmaitego” tła.
- W zależności od kąta padania światła, odczytywane kolory mogą mieć inne wartości niż w rzeczywistości. Można by zastosować algorytm, który analizowałby padające światło i na tej podstawie obliczałby bardzo przybliżoną wartość rzeczywistą.