

Stanowisko do automatycznego badania parametrów aparatów cyfrowych

Streszczenie. W artykule przedstawiono skonstruowane stanowisko laboratoryjne do automatycznego badania wybranych parametrów jakościowych urządzeń rejestrujących obrazy cyfrowe. Na stanowisku można przebadać zarówno aparaty cyfrowe (lustrzanki oraz tzw. bezlusterkowce) jak i smartfony, kamery internetowe, kamery monitoringu czy kamery samochodowe. Uzyskane na stanowisku obrazy testowe są analizowane przez opracowane oprogramowanie, które generuje raport w postaci tabeli z wynikami analizy.

Abstract. The article presents a constructed laboratory stand for automatic testing of selected quality parameters of devices recording digital images. At the stand, it is possible to test both digital cameras (SLRs and so-called mirrorless cameras) as well as smartphones, webcams, monitoring cameras and car cameras. The test images obtained on the stand are analyzed by the prepared software, which generates a report in the form of a table with the results of the analysis. (**Laboratory stand for the automatic testing of digital cameras parameters**).

Słowa kluczowe: aparaty cyfrowe, ocena jakości obrazu, stanowisko pomiarowe, analiza obrazu.

Keywords: digital cameras, image quality assessment, laboratory stand, image analysis.

1. Wstęp

Wraz z rozwojem cyfrowych sprzętów fotograficznych i udoskonaleniem ich trybów automatycznych, wykonywanie zdjęć stało się niezwykle przystępnym zajęciem. Na rynku funkcjonuje wiele firm oferujących smartfony, lustrzanki, czy aparaty bezlusterkowe w bardzo szerokim zakresie cenowym. Wybór sprzętu, który najlepiej spełniłby oczekiwania użytkownika, jest o tyle trudny, iż w reklamach często zachwala się dane urządzenie podając wysoką wartość określonego parametru (np. rozdzielczości), a informacja ta najczęściej nie oddaje rzeczywistej jakości produktu.

Rejestrowanie obrazu cyfrowego jest złożonym procesem. Bez dokładnej analizy uzyskiwanych fotografii nie sposób ocenić rzeczywiste możliwości sprzętu fotograficznego. Dlatego dobrym wyborem przed dokonaniem zakupu jest zapoznanie się z testami sprzętu publikowanymi przez specjalistyczne portale internetowe (jak np. [1, 2]) lub przynajmniej przez portale testujące sprzęt elektroniczny, adresowane do szerokiej rzeszy konsumentów (np. [3]).

Można rozróżnić dwie koncepcje wykonywania testów sprzętu fotograficznego: manualną i automatyczną. Najczęściej spotykane metody dotyczą pierwszego podejścia, w którym parametry sprzętu szacowane są przez technika poprzez wizualną ocenę obszarów charakterystycznych na wykonanym zdjęciu specjalnej planszy testowej. Dzięki takiej planszy można zbadać m.in. rzeczywistą rozdzielczość uzyskiwanych obrazów, błędy geometrii toru optycznego, poziom szumów czy czystość rejestrowanych kolorów. Podejście ręczne wykazuje wyższą wrażliwość na błędy związane z niedokładną oceną obszarów charakterystycznych przez wykonującego badanie, co jest związane z niedoskonałością oka ludzkiego.

Drugie podejście opiera się na analizie obrazów przy użyciu specjalnego oprogramowania komputerowego (np. Imatest [4] lub iQ-Automator [5]), które także wymaga specjalnych plansz testowych i odpowiednio wyposażonego stanowiska laboratoryjnego (m.in. w specjalistyczne oświetlenie odbłaskowe, kolimatory celownicze i zrobotyzowane uchwyty do badanego sprzętu). Takie oprogramowanie w połączeniu z odpowiednim stanowiskiem pozwala uzyskać bardzo dokładne pomiary. Niestety, jest to rozwiązanie kosztowne i zwykle niedostępne dla przeciętnego użytkownika, który musi oczekiwać na opublikowanie wyników testów interesującego go sprzętu. W związku z tym porównanie parametrów różnego sprzętu bywa trudne i uciążliwe.

Dlatego celem tej pracy było opracowanie uproszczonego stanowiska laboratoryjnego o walorach dydaktycznych, przeznaczonego do badania podstawowych parametrów użytkowych zróżnicowanego sprzętu rejestrującego obraz cyfrowy.

2. Aparaty cyfrowe i parametry rejestrowanego obrazu

Obrazy, które przetwarza sprzęt fotograficzny, są rzutami przestrzeni trójwymiarowej na płaszczyznę światłoczułą przetwornika optoelektronicznego z wykorzystaniem odpowiedniego obiektywu. Stąd rozpatrujemy obraz dwuwymiarowy [6]. W celu pozyskania obrazu cyfrowego, należy zastosować dyskretyzację składającą się z procesów próbkowania i kwantowania. W przypadku obrazów kolorowych każda składowa koloru (czerwona, zielona i niebieska) jest przetwarzana niezależnie.

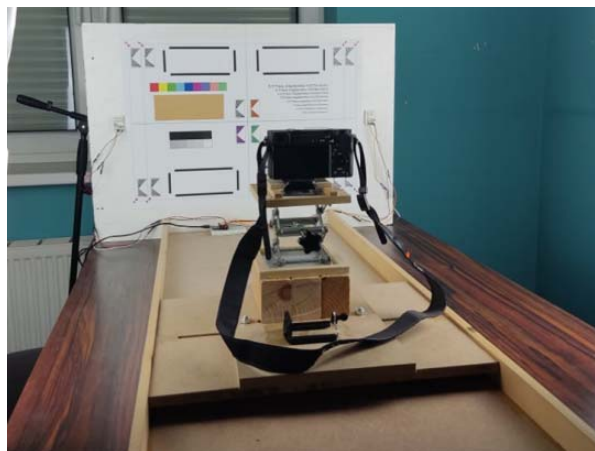
Na rynku jest dostępnych wiele urządzeń cyfrowych rejestrujących obraz cyfrowy w zakresie światła widzialnego. Do najczęściej używanych należą: aparaty (kamery) fotograficzne wbudowane w smartfony, lustrzanki cyfrowe (DSLR, ang. *Digital Single Lens Reflex Camera*), aparaty bezlusterkowe (tzw. bezlusterkowce – MILC, ang. *Mirrorless Interchangeable Lens Camera*) – z wymiennymi obiektywami, aparaty kompaktowe i kamery internetowe. Cyfrowe kamery znajdują zastosowania w systemach monitoringu wizyjnego i w przemyśle – do nadzorowania procesów produkcyjnych. Są także elementami systemów wizyjnych robotów, pojazdów autonomicznych, czy rejestratorów jazdy dedykowanych m.in. kierowcom. Od wielu lat kamery są także nieodłącznym wyposażeniem przenośnych komputerów, a nawet zabawek dziecięcych [7–9].

Ze względu na swoje rozmiary, budowę, typ użytej matrycy światłoczułej, przeznaczenie i cenę, kamery cyfrowe znacznie różnią się parametrami rejestrowanego obrazu.

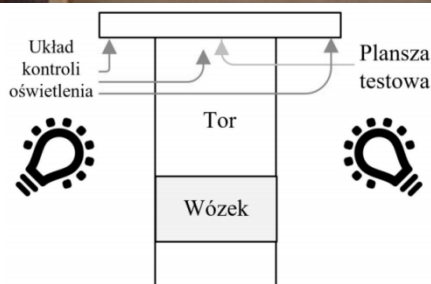
3. Stanowisko pomiarowe

Opracowane stanowisko laboratoryjne (rysunek 1) służy do badania następujących parametrów sprzętu fotograficznego: rzeczywistej rozdzielczości uzyskiwanego obrazu, winietowania, dystorsji, możliwości optycznego rozpoznawania znaków na sfotografowanym tekście, szumów i rozdzielności barw. Zdecydowano się na podejście wymagające planszy testowej, którą użytkownik fotografuje umieszczając sprzęt fotograficzny na specjalnym wózku zapewniającym możliwość właściwego skadrowania ujęcia. Dzięki temu ujęcia planszy wykonywane w różnych warunkach

oświetleniowych są powtarzalne i porównywalne. Uzyskane ujęcia testowe użytkownik wczytuje do opracowanego oprogramowania, które automatycznie odczytuje wybrane parametry testowanego sprzętu. Uzyskane wyniki są przedstawiane w formie raportu będącego arkuszem programu Microsoft Excel.



a)



b)

Rys. 1. Zbudowane stanowisko pomiarowe: a) wygląd ogólny, b) schemat

Opracowane stanowisko składa się z 5 podstawowych elementów:

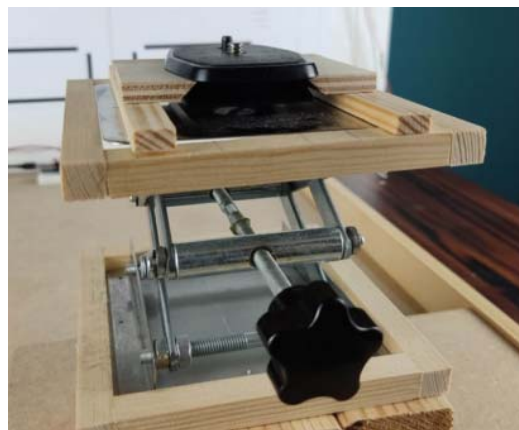
- części mechanicznej,
- oświetlenia planszy,
- układu kontroli oświetlenia,
- planszy testowej (opisanej w rozdziale 4.),
- oprogramowania (opisanego w rozdziale 5.).

Część mechaniczna została wykonana głównie z płyt MDF i drenianych kantówek. Planszę testową zamocowano pionowo na końcu stanowiska. Naprzeciwko niej umieszczono tor, po którym do przodu i do tyłu porusza się wózek (pierwsza platforma). Na tym wózku znajduje się druga platforma mająca możliwość przesuwania się na boki. Na jej wierzchu umieszczono trzecią platformę – laboratoryjną, którą przy pomocy śruby można podnosić do góry o maksymalnie 10 cm. Na jej górze przymocowano podest z szybkozłączką do mocowania badanego sprzętu fotograficznego (rysunek 2). Dzięki temu wyregulowanie osi optycznej sprzętu, by znajdowała się dokładnie na wprost planszy i w odpowiedniej odległości od niej (by można wykadrować jedynie planszę testową), jest stosunkowo łatwe.

Najważniejsze wymiary stanowiska zebrano w Tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane wymiary stanowiska laboratoryjnego

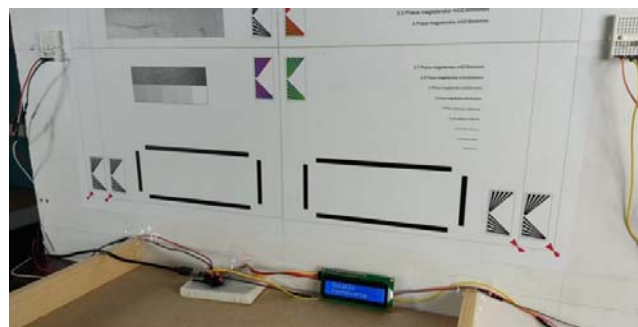
element	długość [cm]	szerokość [cm]	wysokość [cm]
tor	110	42,5	4,8
1. platforma	40	30	3
2. platforma (bez podestu)	30	20	1,3
podest	12,5	12,5	9
3. platforma	12,5	12,5	5–15
panel z planszą testową	75	2	51



Rys. 2. Trzecia platforma z uchwytem do zamocowania badanego sprzętu fotograficznego

Do równomiernego oświetlenia planszy testowej wykorzystano dwie świetlówki o temperaturze barwowej 5500K i strumieniu świetlnym 4900 lm (zaznaczone na rysunku 1b). Montuje się je w oprawkach na statywach fotograficznych.

Równomierność oświetlenia planszy jest sprawdzana z użyciem układu wykorzystującego popularny mikrokontroler Arduino Uno. Podłączono do niego 2 rezystory i 2 skalibrowane fotorezystory 10–20 kΩ GL5528 tworzące dzielniki napięcia oraz wyświetlacz LCD 16x2 wraz z konwerterem I²C (zapewnia komunikację z Arduino). Fotorezystory znajdują się z obu stron planszy testowej, a wyświetlacz pod nią – jak pokazano na rysunku 3.

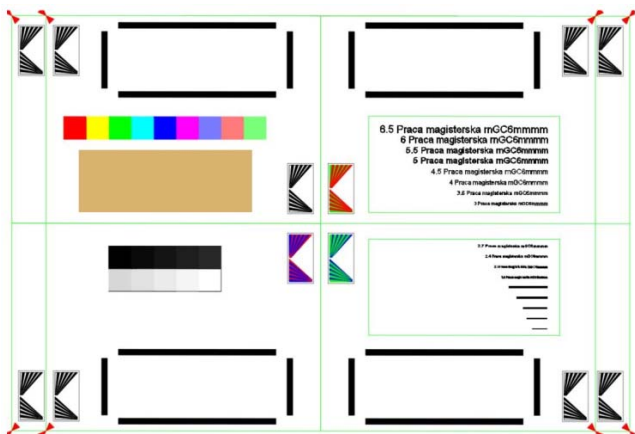


Rys. 3. Układ kontroli oświetlenia

Gdy oświetlenie obu stron planszy jest równomierne, na ekranie wyświetla się stosowny komunikat, w przeciwnym razie program zwraca informację o konieczności poprawy oświetlenia po jednej ze stron. Poprawność działania układu zweryfikowano dodatkowo z wykorzystaniem światłomierza aparatu cyfrowego Sony α6300 pracującego w trybie punktowego pomiaru oświetlenia.

4. Plansza testowa

Planszę testową zaprojektowano tak, by nadawała się do badania urządzeń wykonujących zdjęcia zarówno o proporcji boków 2:3 jak i 3:4. Jej duży rozmiar (format A2, 42,0×59,4 cm) wynika z uwzględnienia rozdzielczości dostępnej autorom techniki drukarskiej (możliwość druku równoległych linii o minimalnej grubości 0,0146 cm) oraz chęci umożliwienia testowania sprzętów fotograficznych o stosunkowo dużych deklarowanych rozdzielczościach matryc (do 10 MPix – megapikseli). Dzięki takiemu rozmiarowi możliwe jest testowanie zdjęć o rzeczywistej rozdzielczości ponad 3700 na 2500 pikseli. Widok gotowej planszy testowej przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Plansza testowa

W narożnikach planszy znajdują się czerwone trójkąty złączone wierzchołkami (osobne dla zdjęć o proporcji boków 2:3 i 3:4). Służą one do kontroli poprawności kadrowania zdjęcia testowego. Kontrola ta jest wykonywana przez oprogramowanie testowe, by móc prawidłowo ocenić rozdzielczość uzyskanego zdjęcia.

Przy tych trójkątach zlokalizowano obszary do badania rozdzielczości obrazu w jego narożnikach. Są to zbiegające się coraz węższe czarne linie o ściśle dobranych szerokościach. Podobne obszary znajdują się także w centrum planszy i umożliwiają sprawdzenie rozdzielczości nie tylko składowej luminancji, ale także składowych chrominancji (kombinacje czerwień – zieleń, niebieski – czerwień, zieleń – niebieski) w obrazie. Jest to szczególnie istotne, gdyż matryce światłoczułe aparatów są typowo wyposażone w mozaiki Bayera. Ich stosowanie ogranicza bowiem rozdzielczość przestrzenną rejestrowanych składowych chrominancji względem rozdzielczości składowej luminancji [10].

Badanie winietowania (niedoświetlenie brzegów kadru na zdjęciach) jest sprawdzane poprzez analizę średniej jasności obszarów w narożnikach i w centrum planszy. Z kolei do badania dystorsji (wada optyczna polegająca na różnym powiększeniu obrazu w zależności od jego odległości od środka) używa się czterech górnych i dolnych prostokątów. Sprawdzana jest zmienność odległości pomiędzy ich przeciwległymi bokami.

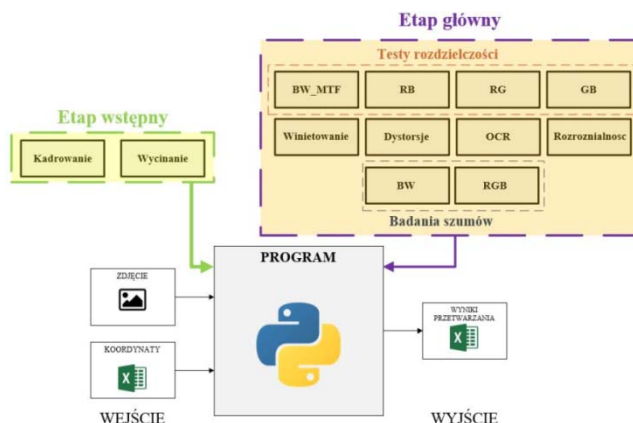
Obszar z napisami o różnej wielkości służy do badania możliwości automatycznego odczytu tekstu (OCR, z ang. optical character recognition). Oprogramowanie odczytuje kolejno fragmenty napisane coraz mniejszą czcionką i sprawdza liczbę popełnionych błędów odczytu. W celu utrudnienia odczytu, w tekście znajdują się trudne do prawidłowego odczytania sekwencje: „rnGC6mmmm” (kolejne litery są często błędnie łączone).

Jednolity pastelowy obszar służy do badania zaszumienia obrazu – z niego są obliczane wariancje wartości uzyskanych pikseli, będące wyznacznikiem zaszumienia. Podobnie jednolitość barw jest sprawdzana z wykorzystaniem 9 kolorowych kwadratów w lewej części planszy. Z kolei znajdujący się poniżej nich obszar bardzo jasnych i bardzo ciemnych kwadratów jest wykorzystywany do badania dynamiki obrazu – rozróżnialności bardzo ciemnych i bardzo jasnych fragmentów.

5. Oprogramowanie stanowiska pomiarowego

Oprogramowanie stanowiska pomiarowego analizujące uzyskane zdjęcia testowe przygotowano w języku Python [11] ze względu na prostotę implementacji i łatwy dostęp do wielu niezbędnych bibliotek programistycznych (m.in. Pillow [12], OpenCV [13], OpenPyXL [14]). Jego strukturę przedstawiono na rysunku 5. Zadaniem osoby wykonującej test

aparatu jest wczytanie uzyskanych zdjęć planszy wykonanych testowanym aparatem cyfrowym. Dane o położeniu charakterystycznych obszarów są pobierane automatycznie z arkusza Excela „koordynaty”, a końcowy wynik przetwarzania, będący raportem, jest zapisywany do arkusza „komunikat”.



Rys. 5. Struktura oprogramowania

Podczas „etapu wstępnego” program wyodrębnia poszczególne fragmenty obrazu, które są zapisywane jako odrębne wycinki przeznaczone do dalszej analizy przez poszczególne moduły wyszczególnione w „etapie głównym”. Operacja „kadrowanie” przycina zdjęcie tak, by jego narożniki odpowiadały stykającym się wierzchołkom czerwonych trójkątów. Analiza każdego wycinka odbywa się niezależnie, a uzyskane wyniki są zbierane razem.

Uzyskany arkusz „komunikat” zawiera łącznie 269 wierszy z wynikami, przy czym najistotniejsze parametry są zbierane w pierwszych 36 wierszach. Wśród wyników wyświetlane są m.in. model użytego aparatu, nazwa pliku, rozdzielczość obrazu (informacje pobrane z metadanych zdjęcia), wyniki testów rozdzielczości, winietowania, dystorsji, itd. Przykładowy fragment takiego arkusza przedstawia rysunek 6.

84	Test rozdzielczości 5 (centrum)		
85	Czarno-biały poziomy:		
86	Rzeczywista rozdzielczość [mm]	0,488	0,581
87	Rzeczywista rozdzielczość całego zdjęcia [px]	1127	945
88	Maksymalny możliwy wynik testu [px]	1755	1755
89	MTF [%]	81,05	52,53
90	Czarno-biały pionowy:		
91	Rzeczywista rozdzielczość [mm]	0,464	0,57
92	Rzeczywista rozdzielczość całego zdjęcia [px]	790	643
93	Maksymalny możliwy wynik testu [px]	1316	1316
94	MTF [%]	68,71	18,77
95	Zielono-niebieski poziomy:		
96	Rzeczywista rozdzielczość [mm]	1,009	1,316
97	Rzeczywista rozdzielczość całego zdjęcia [px]	544	417
98	Maksymalny możliwy wynik testu [px]	1755	1755
99	Zielono-niebieski pionowy:		
100	Rzeczywista rozdzielczość [mm]	0,973	1,304
101	Rzeczywista rozdzielczość całego zdjęcia [px]	376	281
102	Maksymalny możliwy wynik testu [px]	1316	1316

Rys. 6. Fragment „komunikatu” z wynikami testu aparatu

6. Testowanie aparatów cyfrowych

Poprawność działania tego stanowiska sprawdzono z wykorzystaniem następujących aparatów fotograficznych: Sony α6300 z obiektywem Sony E PZ 16-50 mm f/3.5-5.6, Canon 450D z obiektywem Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 i z obiektywem Canon EF-S 24mm f/2.8 oraz smartfonów: POCO X3 Pro z obiektywem głównym (NW) i z obiektywem

szerokokątnym (UW) oraz Huawei P9 Lite z obiektywem głównym. W przypadku obiektywów zmienneogniskowych używano różnych wartości ogniskowych, wykorzystując regulowane położenie wózka i platform. Każde z urządzeń udało się zamontować tak, by jego oś optyczna znajdowała się na wprost środka planszy testowej.

W niektórych przypadkach nie udało się przetestować rzeczywistej rozdzielczości urządzeń, gdyż była ona większa od możliwej do zbadania na planszy. Niemniej, zgodnie z oczekiwaniami, uzyskiwane rozdzielczości okazywały się mniejsze od deklarowanych przez producentów i były zgodne z subiektywnymi odczytami. Podobnie pozostałe wyniki zwracane przez oprogramowanie były zgodne z subiektywnymi porównaniami wykonanymi przez osoby przeprowadzające testy.

7. Podsumowanie

W pracy tej przedstawiono stanowisko do automatycznego badania wybranych parametrów urządzeń rejestrujących obrazy cyfrowe. Opracowane urządzenie umożliwia szybkie przetestowanie sprzętu dzięki możliwości jego wygodnego zamontowania. Napisane oprogramowanie działa płynnie generując w ciągu kilkadziesiąt sekund szczegółowe raporty, które umożliwiają użytkownikom szybką ocenę wybranych parametrów urządzeń.

W ramach dalszych prac planowana jest modyfikacja planszy testowej, by umożliwiła badanie sprzętu o jeszcze wyższych rozdzielczościach rejestrowanego obrazu.

Badania sfinansowano z subwencji badawczej 0211/SBAD/0222 oraz z projektu 0211/PRKE/6428.

Autorzy: dr inż. Adam Konieczka, Politechnika Poznańska, Instytut Automatyki i Robotyki, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań, E-mail: adam.konieczka@put.poznan.pl; mgr inż. Szymon Balawajder, Instytut Automatyki i Robotyki, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań, E-mail: szymon.balawajder@student.put.poznan.pl.

LITERATURA

- [1] Portal optyczne.pl, <https://www.optyczne.pl/> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [2] Steve's Digicams. The consumer's best source of digital camera information and news, <https://www.steves-digicams.com/> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [3] Portal PCMag, <https://www.pcmag.com/> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [4] Imatest, <https://www.imatest.com/> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [5] iQ-Automator, <https://www.image-engineering.de/products/charts/sort-by-type/156-product/solutions/985-iq-automator> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [6] Korohoda P., Tadeusiewicz R., Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów. Kraków, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, 1997.
- [7] Monitoring wizyjny w praktyce: Rodzaje kamer dozоровych, <http://www.systemywizyjne.pl/mw/nws/rodzaje-kamer-dozorowych>, (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [8] Lorenz D., Ranking kamer samochodowych DUAL – na przód/tył/wnętrze pojazdu, <https://www.wideorejestratory24.pl/ranking-kamer-samochodowych-dual>, (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [9] Radar Technologiczny, Ranking 9 najlepszych kamer cyfrowych w 2022, <https://radartechnologiczny.pl/kamery-cyfrowe-ranking/>, (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [10] Hua L., Xie L. and Chen H., A color interpolation algorithm for Bayer pattern digital cameras based on green components and color difference space. 2010 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing, 2010, pp. 791–795, doi: 10.1109/PIC.2010.5688020.
- [11] Strona języka Python, <https://docs.python.org/pl> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [12] Strona biblioteki Pillow, <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [13] Strona biblioteki OpenCV, <https://opencv.org/> (dostęp: 29.03.2022 r.).
- [14] Strona bibliotek OpenPyXL, <https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/>, (dostęp: 29.03.2022 r.).