

Spis treści

Wstęp	3
Cel i zakres pracy	4
1 Część teoretyczna	5
1.1 Rys historyczny	5
1.1.1 Wywoływanie zdjęć	5
1.1.2 Transmisja obrazów	6
1.1.3 Cyfrowe przetwarzanie obrazów	6
1.2 Przegląd istniejących rozwiązań	7
1.2.1 Photoshop	7
1.2.2 ImageJ	8
1.2.3 Fiji	9
1.2.4 GIMP	10
1.2.5 Adobe Substance Designer	11
2 Zakres użytych technologii i opis wykorzystywanych narzędzi	12
2.1 OpenCV	12
2.2 Visual Studio Code	12
2.3 Git	12
2.4 GitHub	12
3 Realizacja projektu	13
3.1 Zastosowania	13
3.2 Wymagania funkcjonalne i нефункционалне	13
3.2.1 Wymagania funkcjonalne	13

3.2.2	Wymagania niefunkcjonalne	13
4	Podsumowanie	14
	Bibliografia	15
	Spis rysunków	17
	Spis tabel	18

Wstęp

Przetwarzanie obrazów to zbiór wielu algorytmów które należy rozróżnić na dwie dziedziny ze względu na rodzaj reprezentowanych i manipulowanych informacji. Pierwsza dotyczy analogowej reprezentacji danych [1], gdzie informacje są w formie ciągłych sygnałów odwzorowujących obrazy. Operacje na nich są realizowane przez modyfikacja impulsów elektrycznych reprezentujących informacje. Technologia ta umożliwiła rozwój transmisji telewizyjnej [2]. Cyfrowe przetwarzanie obrazów [3] jest nowszą technologią. Dane są reprezentowane poprzez wielowymiarowe macierze wartości [4]. Mogą one odpowiadać kolorowi obrazu w danym miejscu, wartościom chmury punktów lub innym informacjom które mogą zostać przetworzone cyfrowo. Modyfikacja odbywa się przez zmiany wartości macierzy. Obie dziedziny mają swoje miejsca i zastosowania ale niniejsza praca zajmie się cyfrowym przetwarzaniem obrazów.

Przetwarzania obrazów jest wykorzystywane w wielu różnych dziedzinach:

- **Medycyna:** Diagnostyka, planowanie zabiegów chirurgicznych i monitorowanie stanu pacjentów [5]. Dane medyczne uzyskiwane w formie obrazów cyfrowych są ustandaryzowane przez Digital Imaging and Communications in Medicine [6].
- **Przemysł:** Kontrola jakości, automatyzacja i inspekcja. Systemy wizyjne potrafią szybciej i dokładniej odkryć defekty produktów na liniach produkcyjnych [7].
- **Bezpieczeństwo:** Monitorowanie i rozpoznawanie twarzy. Drony ze wsparciem przetwarzania obrazów są używane przez służby bezpieczeństwa w trudnych warunkach [8].
- **Rozrywka:** Tworzenie efektów specjalnych dla filmów, gier i animacji. Transformacje przestrzeni kolorów i korekcie nagrań w celu poprawienia efektu końcowego [9].

Przetwarzanie obrazów jako manipulacja danymi cyfrowymi została stworzona przez programistów [10]. Kod to podstawowa wersja interakcji człowieka z komputerem, ale większość użytkowników tych urządzeń nie potrafi programować. Żeby dziedzina tej nauki była przystępna dla większej liczby osób należy stworzyć aplikację z prostym i funkcjonalnym graficznym interfejsem użytkownika.

W tej pracy naukowej proponujemy nowe oprogramowanie do przetwarzania obrazów oparte na bibliotece OpenCV. Aplikacja posiada funkcjonalny interfejs graficzny, który ułatwia użytkownikom końcowym obsługę tej biblioteki bez potrzeby znajomości programowania.

Cel i zakres pracy

Celem tej pracy jest zaprojektowanie i implementacja oprogramowania do przetwarzania obrazów z funkcjonalnym interfejsem graficznym.

Zakres pracy objął analizę istniejących rozwiązań na podstawie której stwierdzono, że nie ma aktualnego i gotowego produktu który realizuje dokładnie założenie zastąpienia programistycznego podejścia do obsługi bibliotek przetwarzania obrazów. Jest wiele rozwiązań które realizuje część biblioteki lub jej obsługa nie pozwala na przetwarzanie obrazów w niedestrukcyjny sposób bez dodatkowego wysiłku od użytkownika jak używanie warstw czy inkrementalnych zapisów.

Jako platformę wybrano komputer osobisty z powodu znaczącej mocy obliczeniowej, dostępu do dużej ilości pamięci RAM oraz do operacji procesorów x86 z których biblioteki do przetwarzania obrazów czasem korzystają do akceleracji obliczeń [11]. Jako docelowy system operacyjny wybrano Microsoft Windows 11 ponieważ jest to system używany przez autora tej pracy. Do tworzenia aplikacji skorzystano z języka C# oraz Windows Presentation Framework.

W ramach czasu, który został poświęcony na niniejszy projekt zakres możliwości ograniczono do prostych operacji przetwarzania obrazów bez uwzględniania wideo oraz wszelkiego rodzaju danych oprócz samych obrazów.

Pomysł na ten projekt powstał dzięki doświadczeniu autora pracy w używaniu różnych systemów opartych o edytory typu węzłowego jak Adobe Substance Designer, edytor Blueprintów w Unreal Engine oraz edytor shaderów czy geometry nodes w Blenderze. Ten typ interfejsu pozwala na interakcję użytkownika z wizualnym przedstawieniem jakichś metod, funkcji czy bloków logicznych pozwalających na przesyłanie wartości w podobny sposób jak można robić to w kodzie, ale zdecydowanie bardziej przystępne dla osób które nie mają odpowiedniego doświadczenia w programowaniu.

Dużą zaletą tego podejścia w porównaniu do edycji w programach posługujących się warstwami jest to, że możemy wrócić w każdym momencie do dowolnej poprzedniej operacji. Użytkownik może zmienić wartość operacji, zmienić ich kolejność i w żadnym momencie nie traci wyniku operacji, ponieważ każda zmiana powoduje obliczenie rezultatu jeszcze raz. Przeliczenie całego drzewa na nowym obrazie wejściowym i otrzymanie wyniku którego się spodziewamy to zmiana jednego parametru.

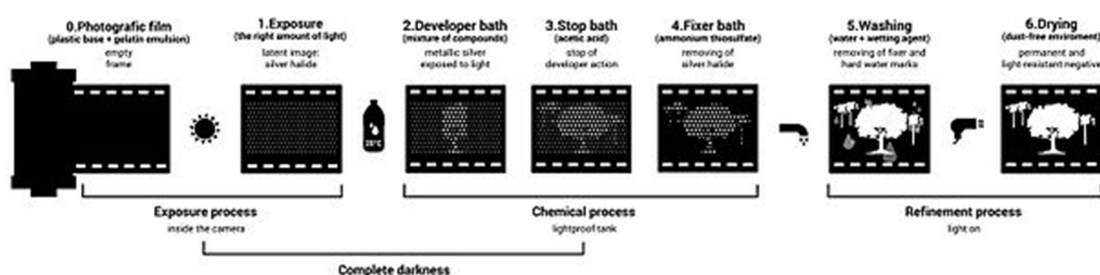
1 Część teoretyczna

1.1 Rys historyczny

Dziedzina tej pracy jaką jest przetwarzanie obrazów ma początki swojej historii wcześniej niż urządzenia które obecnie nazywamy komputerami.

1.1.1 Wywoływanie zdjęć

Przetwarzanie obrazów to nie jest technologia, która mogła zacząć istnieć po wynalezieniu komputerów. Używając aparatów korzystających z kliszy filmowej, po ekspozycji należy go poddać procesowi wywoływania Rys. 1. Polega on na wyciągnięciu pierwotnego efektu naświetlenia do obrazu, który oddaje scenę uchwyconą przez aparat [12]. Proces w przypadku zdjęć aparatem na kliszę polega na zanurzaniu jej w odpowiednich związkach chemicznych na określone ilości czasu by otrzymać zamierzony efekt.



Rys. 1: Wywoływanie białą czarnej kliszy [13]

Istnieją wariacje na temat takiego przetwarzania, różni się ono trochę w zależności od technologii kliszy. W niektórych przypadkach należy wywołać pozytywny zamiast negatywu [14]. Następnie po wywoływaniu można poddać obróbkę dalszymi chemikaliami jak np. siarczek sodu dla uzyskania efektu sepia [15].

1.1.2 Transmisja obrazów

Technologia którą znamy dobrze w obecnych czasach powstała w latach 20. XX wieku dzięki pracy John Logie Baird'a [2]. Zaprezentował on pierwszą na świecie transmisję telewizyjną na żywo. W 1928 roku [16] firma założona przez niego emitowała też pierwsze nagranie przez atlantyk. Wszystko to dzięki przetwarzaniu analogowego sygnału video w celu zmniejszenia ilości danych potrzebnych do wyświetlenia obrazu w telewizji [17].

1.1.3 Cyfrowe przetwarzanie obrazów

Początki nowoczesnego przetwarzania obrazów zostały stworzone w latach 60. XX w. w Bell Laboratories, Jet Propulsion Laboratory, Massachusetts Institute of Technology i University of Maryland [10]. Początkowymi obszarami zastosowania były obrazy satelitarne, przesyłanie obrazów przez linie telefoniczne, diagnostyka obrazowa, wideofony, rozpoznawanie znaków i ulepszanie fotografii.

Inicjalnie dużo skupiano się na ulepszeniu jakości obrazu. Pierwszym znaczącym użyciem tych technologii było mapowanie powierzchni księżyca za pomocą zdjęć z sondy kosmicznej w 1964 roku, gdzie naukowcy z Jet Propulsion Laboratory na podstawie tysięcy zdjęć odtworzyli powierzchnię księżyca. Przy następnej okazji mieli dostęp do 100000 zdjęć, na podstawie których mogli stworzyć mapę topograficzną, mapę kolorową oraz panoramiczną mozaikę księżyca, które przyczyniły się do pierwszego lądowania człowieka na księżycu [3].

Technologia ta jednak była ograniczona przez bardzo małe możliwości oraz trudną dostępność komputerów tamtych czasów. Wraz z ich rozwojem i wzrostem popularności coraz większą liczbę operacji można było przeprowadzić w czasie rzeczywistym pozwalając np. na konwersję standardów telewizyjnych.

1.2 Przegląd istniejących rozwiązań

1.2.1 Photoshop

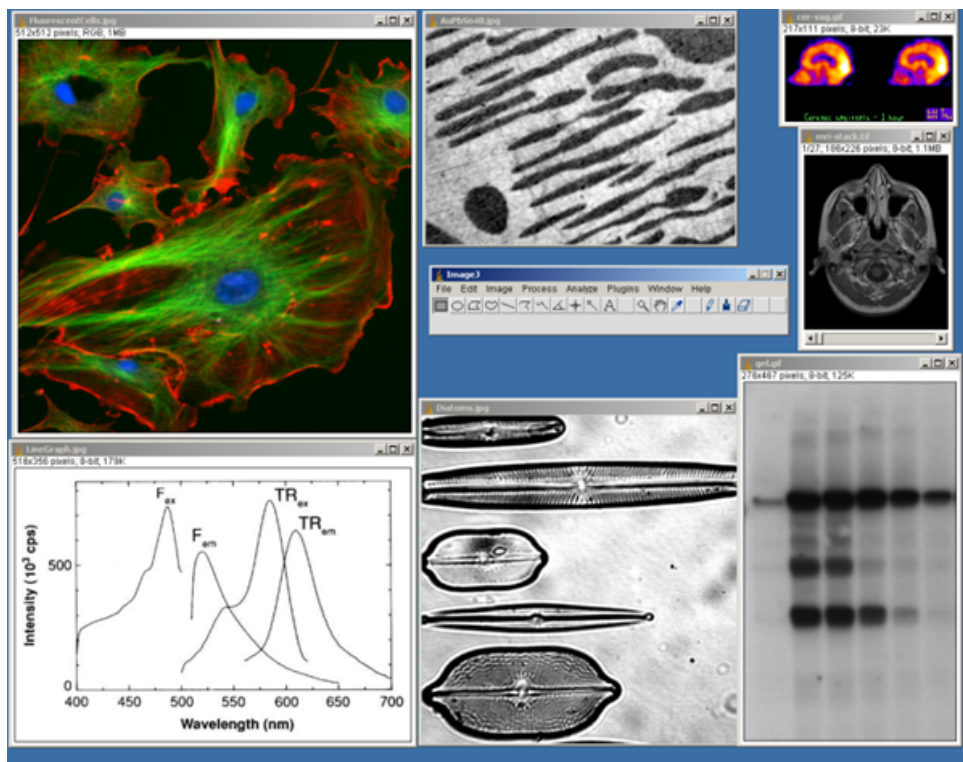


Rys. 2: Adobe Photoshop

Wydany w 1990 roku do tworzenia i edytowania obrazów rastrowych jest jednym z najbardziej popularnych programów, a jego nazwa przedarła się do języka potocznego jako zamiennik dla fotomontażu. Użytkownikami tego oprogramowania są przeważnie artyści, fotografowie i twórcy internetowych memów. Narzędzia są przystosowane do łatwości obsługi przez mniej zaawansowanych użytkowników i wszystko posiada przyjazny graficzny interfejs użytkownika.

Istnieją tam operacje, które pozwalają na przetwarzanie obrazów, ale często nie odnoszą się one bezpośrednio do operacji znanych z bibliotek do przetwarzania obrazów, ich obsługa jest uproszczona i przystosowana do bardziej artystycznych zastosowań. Bez zastosowania szczególnej ostrożności - jak tworzenie nowych warstw po każdej operacji lub częste zapisywanie kopii zapasowej obrazu – przetwarzanie obrazów często jest destruktywne, nie możemy odnieść się do dowolnego momentu w ciągu naszych operacji w celu dopasowania jej parametrów. Przetwarzanie innego obrazu za pomocą tego samego procesu jest problematyczne, gdy niektóre operacje są destruktywne.

1.2.2 ImageJ

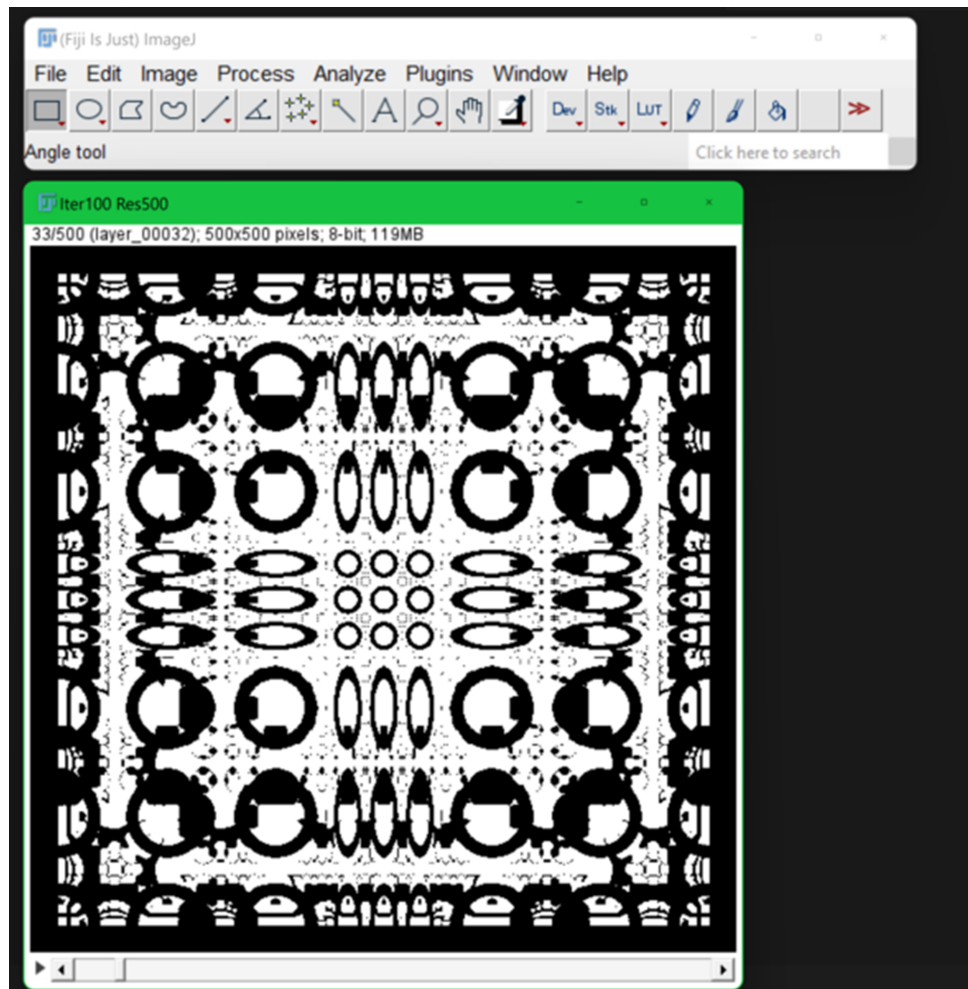


Rys. 3: ImageJ

Wydany w 1997 roku program ImageJ został wykonany przez National Institutes of Health, został tworzony podstawowo z zamiarem analizy obrazów w zastosowaniach medycznych. Odtwarza dokładnie wiele operacji z bibliotek do przetwarzania obrazów i kod aplikacji jest otwarty. Działa to w oparciu o Javę i ma bardzo niskie wymagania sprzętowe jak na obecne czasy.

Program jest jednak przestarzały, mogą pojawić się problemy z uruchomieniem na nowszych systemach. Interfejs użytkownika jest przestarzały oraz jego układ jest niepraktyczny biorąc pod uwagę przetwarzanie obrazów. Wszystkie operacje są schowane pod 1-2 poziomami menu. Operacje są destrukcyjne oraz nie da się przygotować ciągów operacji wcześniej. Od dawna nie jest rozwijany, został zastąpiony przez ImageJ2 który pozwala na przetwarzanie obrazów wielowymiarowych z dodatkowymi danymi np z mikroskopów elektronowych, skanerów itp.

1.2.3 Fiji

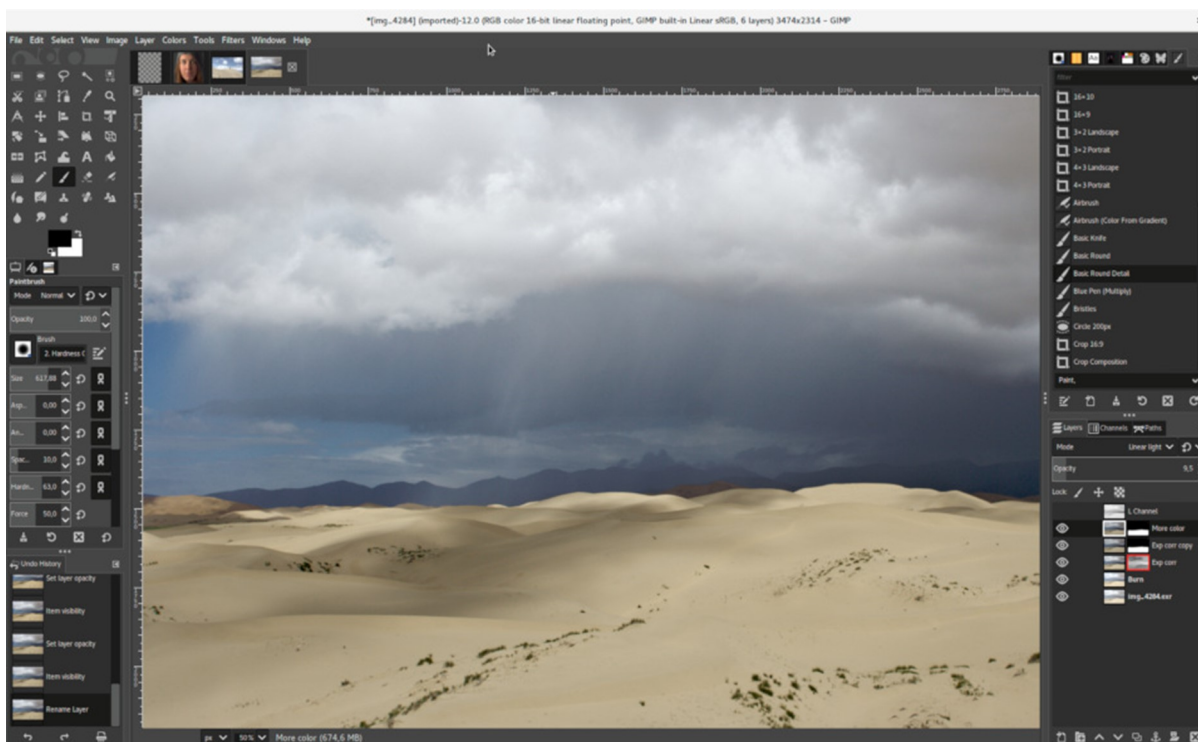


Rys. 4: Fiji - sukcesor ImageJ

Projekt open source oparty o ImageJ2. Oprócz podstawowych operacji wbudowanych w ImageJ posiada też wiele pluginów znacząco rozszerzających możliwości programu. Są one skupione na wspomaganiu przetwarzania obrazów skupionych na dziedzinie neurobiologii, ale możliwości są na tyle szerokie, że wiele innych dziedzin nauki z niego korzysta.

Podstawowe działanie programu nie różni się od ImageJ więc wszystkie jego problemy są też tutaj obecne. Poprawa istnieje tu pod względem uruchamiania tego oprogramowania na nowszych systemach.

1.2.4 GIMP

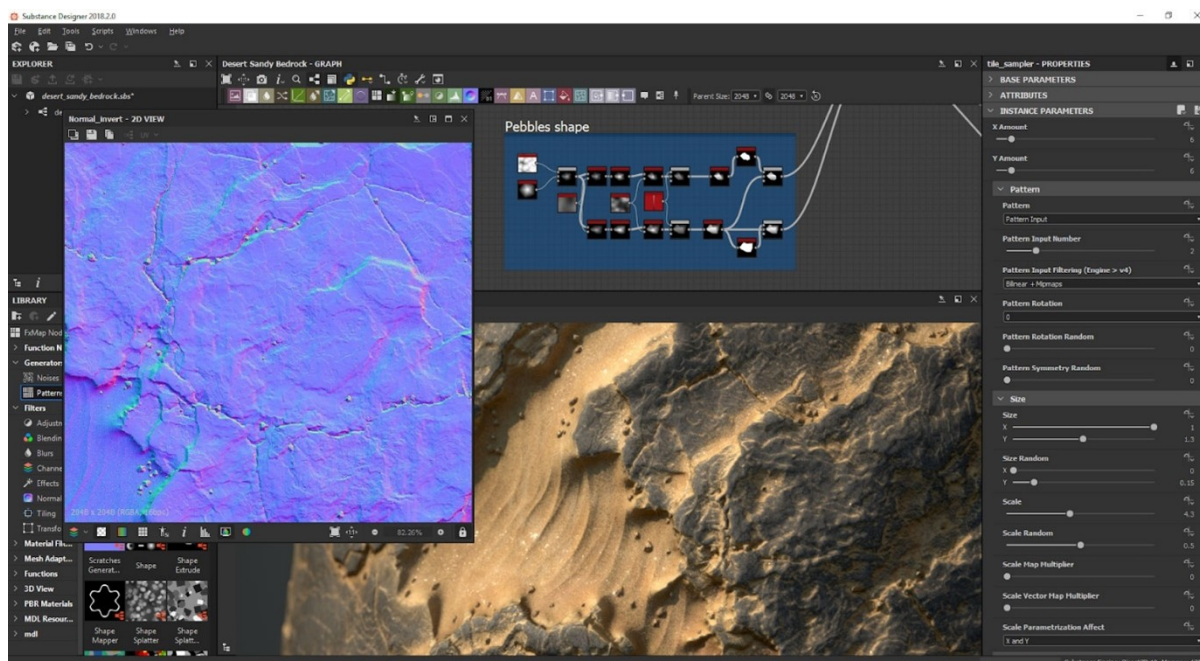


Rys. 5: GIMP wersja 2.10

Wydany w 1998 roku GNU Image Manipulation Program jest tworzony jako konkurencja dla Photoshopa. Program też w pierwszej kolejności jest tworzony z myślą o artystach, ale posiada więcej zaawansowanych opcji jak np. konwolucje macierzowe które można dowolnie edytować, dając duże możliwości filtrowania obrazów.

Pomimo odwzorowaniu większej ilości operacji ze standardowych bibliotek do przetwarzania obrazów i większej kontroli nad niektórymi z nich nadal występuje problem destruktywnego przetwarzania obrazów który wynika z pracy bezpośrednio na obrazie jak w Photoshopie i wymaga starań przy warstwach aby nie tracić bezpowrotnie swoich pośrednich operacji w dłuższym ciągu.

1.2.5 Adobe Substance Designer



Rys. 6: Adobe Substance Designer

Wydany w 2007 roku program był dla mnie główną inspiracją dla tego projektu. Potężną zaletą jest to, że operują na nodach – układamy z „błoczków” serię operacji, które są wykonywane na obrazie, który importujemy do programu lub generujemy go od początku w nim. Każdy dowolny node można kliknąć i zmienić wszystkie parametry jego operacji niezależnie w którym miejscu ciągu znajduje się, a jego wynik i wszystkie następne operacje zależne od niego są obliczane ponownie na podstawie zmienionego wyniku. Zmiana przetwarzanego obrazu polega na przeciągnięciu połączenia z obecnego node'a z naszym plikiem wejściowym na nowego node'a a wszystkie kolejne operacje zaktualizują się samodzielnie.

Program ten niestety ma wiele ograniczeń związanych z tym, że nie jest stworzony do ogólnego przetwarzania obrazów tylko do tworzenia materiałów/tekstur do grafiki komputerowej. Obrazy są ograniczone do boków o długości 2^n , najlepiej kwadratowych. Parametry operacji są często uproszczone, ponieważ mimo większej złożoności aplikacji, jest ona nadal skierowana do artystów. Rodzaje operacji i wspierane formaty pikseli w pliku są przystosowane do wymagań grafiki komputerowej.

2 Zakres użytych technologii i opis wykorzystywanych narzędzi

Zastosowane technologie:

- **Otwarty kod źródłowy:** OpenSource jest spoko

2.1 OpenCV

Jedną z popularnych bibliotek do przetwarzania obrazów jest OpenCV. OpenCV to darmowy, otwartoźródłowy pakiet oprogramowania dla systemów operacyjnych Windows, macOS i Linux. Zapewnia szeroki zakres funkcji do przetwarzania obrazów, w tym: podstawowe operacje takie jak filtrowanie, skalowanie i konwersja formatów, wykrywania i rozpoznawania obiektów czy obsługę algorytmów do analizy wideo.

2.2 Visual Studio Code

2.3 Git

2.4 GitHub

3 Realizacja projektu

3.1 Zastosowania

- **Tworzenie gotowych ciągów operacji:** Czasem potrzebne jest przetworzenie małej ilości obrazów, lub problem jest na tyle mało skomplikowany, że nie ma sensu szukać programisty, który stworzy dla nas program, ale bez wiedzy o programowaniu zrobienie tego w kodzie samodzielnie może być zbyt ciężkie. Program z interfejsem graficznym pozwoli na stworzenie procesów nawet przez osoby mniej techniczne.
- **Uczenie się:** Osoby chcące poznać techniki przetwarzania obrazów będą mogły w prosty sposób bez znajomości programowania zobaczyć na własne oczy działanie funkcji, ich interakcję ze sobą oraz łatwo dopasowywać ich parametry.
- **Komunikacja:** Dzięki temu oprogramowaniu programista może łatwiej i efektywniej porozumieć się z osobami mniej zaznajomionymi z programowaniem i dużo szybciej wprowadzać zmiany w porównaniu z pisanem kodu i jego kompilacją przy każdej zmianie.

3.2 Wymagania funkcjonalne i нефункционалне

Oprogramowanie opisane w tej pracy to **NoodleCV**. Następne podrozdziały przedstawia wymagania z jakimi trzeba było się zmierzyć w trakcie tworzenia aplikacji.

3.2.1 Wymagania funkcjonalne

Wymagania funkcjonalne?

- Przetwarzanie obrazów

3.2.2 Wymagania нефункционалне

Нефункционалне wymagania?

- Łatwość użytkowania

4 Podsumowanie

Na koniec należy podsumować, co było celem pracy. Czy cel ten został osiągnięty. Jakie są możliwe wnioski. Czy są dalsze możliwości rozwoju.

Bibliografia

1. Chakravorty, P. What Is a Signal? [Lecture Notes]. *IEEE Signal Processing Magazine* **35**, 175–177. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:52164353> (2018).
2. The Televisor: Successful Test of New Apparatus. *The Times (London)*, 9 column C. <https://www.bairdtelevision.com/the-televisor-successful-test-of-new-apparatus-1926.html> (1926).
3. Gonzalez, R. C. & Woods, R. E. *Digital image processing* 3rd, 23–28. ISBN: 978-0-13-168728-8 (Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2008).
4. *OpenCV: cv::Mat Class Reference* OpenCV. https://docs.opencv.org/3.4/d3/d63/classcv_1_1Mat.html#details.
5. Szymon, K. *Przetwarzanie obrazów* <https://skszymon.eu/blog/2023/cv-przetw-obrazow/>.
6. *DICOM Part 1: Introduction and Overview* National Electrical Manufacturers Association. https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part01/chapter_1.html#sect_1.1.
7. Bokhan, K. *Computer Vision in Manufacturing: A Guide to Integration* N-iX. <https://www.n-ix.com/computer-vision-manufacturing/>.
8. Enterprise, D. *How Can Police, Firefighters and Search and Rescue Professionals Use Drones to Keep the Public Safe?* <https://enterprise-insights.dji.com/blog/droneshelp-how-can-police-firefighters-and-search-and-rescue-professionals-use-drones-to-keep-the-public-safe>.
9. Bertalmio, M. *Image Processing for Cinema* ISBN: 9780429067501 (lut. 2014).
10. Rosenfeld, A. Picture Processing by Computer. *ACM Comput. Surv.* **1**, 147–176. ISSN: 0360-0300. <https://doi.org/10.1145/356551.356554> (1969).
11. OpenCV. *OpenCV CPU optimizations* <https://github.com/opencv/opencv/wiki/CPU-optimizations-build-options>. (dostęp: 07.01.2024).
12. Keller, K. *i in. w Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (John Wiley & Sons, Ltd, 2000). ISBN: 9783527306732.

13. Dungarwal, S. *Understanding black & white film photography* <https://www.shreyansdungarwal.com/blog/2019/4/15/understanding-black-amp-white-film-photography>.
14. Dalladay, A. J. *The British Journal Photographic Almanac* 149–155 (Henry Greenwood & Co Ltd, London, 1956).
15. Blaker, A. *Photography: Art and Technique* ISBN: 9780716711162. <https://books.google.pl/books?id=bWdgQgAACAAJ> (W. H. Freeman, 1980).
16. BBC. *John Logie Baird - Historic figure* https://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/baird_logie.shtml.
17. Analog. *Video Basics* <https://www.analog.com/en/technical-articles/basics-of-analog-video.html>.

Spis rysunków

1	Wywoływanie białą czarnej kliszy [13]	5
2	Adobe Photoshop	7
3	ImageJ	8
4	Fiji - sukcesor ImageJ	9
5	GIMP wersja 2.10	10
6	Adobe Substance Designer	11

Spis tabel