

Specyfikacja Projektu: Równoległy System Analizy Roślinności Sentinel-2

Adrian Rybaczuk 318483, Bartosz Cylwik 325457

21 maja 2025

Spis treści

1	Cel Projektu	2
2	Opis Problemu	2
2.1	Charakterystyka i wyzwania danych	2
2.2	Wymagania obliczeniowe	2
2.3	Wymagania czasowe i operacyjne	2
2.4	Wyniki i wizualizacja	2
2.5	Skalowalność i rozszerzalność	3
2.6	Wskaźniki NDVI i NDMI	3
3	Zarys implementacji	4
3.1	Architektura systemu	4
3.2	Przepływ działania systemu	4
4	Wybrane Technologie	4
5	Uruchamianie Programu	5
5.1	Wymagania Wstępne	5
5.2	Instrukcja Uruchomienia	5
5.3	Kompatybilność Systemowa	6
	Bibliografia	6

1 Cel Projektu

Opracowanie i wdrożenie systemu do równoległej analizy zmian wegetacji na podstawie obrazowań satelitarnych Sentinel-2 [1], umożliwiającego:

- Automatyczne przetwarzanie dużych zbiorów danych satelitarnych [2]
- Obliczanie wskaźników NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) i NDMI (Normalized Difference Moisture Index) [3, 4]
- Wizualizację zmian w kondycji roślinności w czasie
- Identyfikację obszarów zagrożonych degradacją lub regeneracją

2 Opis Problemu

Celem projektu jest opracowanie systemu umożliwiającego efektywną, równoległą analizę zmian wegetacji na podstawie obrazowań satelitarnych Sentinel-2 [1]. Współczesne monitorowanie środowiska wymaga przetwarzania dużych wolumenów danych oraz szybkiego uzyskiwania wiarygodnych wyników, co wiąże się z szeregiem wyzwań technicznych i obliczeniowych.

2.1 Charakterystyka i wyzwania danych

- Obrazowania Sentinel-2 mają wysoką rozdzielczość (10m) i duży rozmiar pojedynczej sceny (ok. 1GB) [2].
- Analiza zmian wymaga przetwarzania wielu scen z różnych okresów.
- Dane wymagają wstępnego przetwarzania i standaryzacji.

2.2 Wymagania obliczeniowe

- Obliczanie wskaźników NDVI i NDMI wymaga operacji na wielu pasmach spektralnych oraz precyzyjnych obliczeń na poziomie pikseli [3, 5].
- Wysoka złożoność obliczeniowa wymusza zastosowanie przetwarzania równoległego.

2.3 Wymagania czasowe i operacyjne

- Wyniki analizy muszą być dostępne w krótkim czasie (quasi real-time) [6].
- System powinien automatycznie obsługiwać nowe dane pojawiające się w repozytoriach [7].

2.4 Wyniki i wizualizacja

- Wyniki muszą być prezentowane w formie czytelnych map i wykresów [8, 9].
- Użytkownik powinien mieć możliwość interaktywnej analizy zmian oraz eksportu wyników.

2.5 Skalowalność i rozszerzalność

- System musi działać zarówno na pojedynczym komputerze, jak i w środowisku rozproszonym [10, 11].
- Architektura powinna umożliwiać łatwą rozbudowę o nowe funkcjonalności.

2.6 Wskaźniki NDVI i NDMI

W celu oceny kondycji roślinności oraz wilgotności gleby wykorzystywane są wskaźniki NDVI oraz NDMI, zdefiniowane następująco:

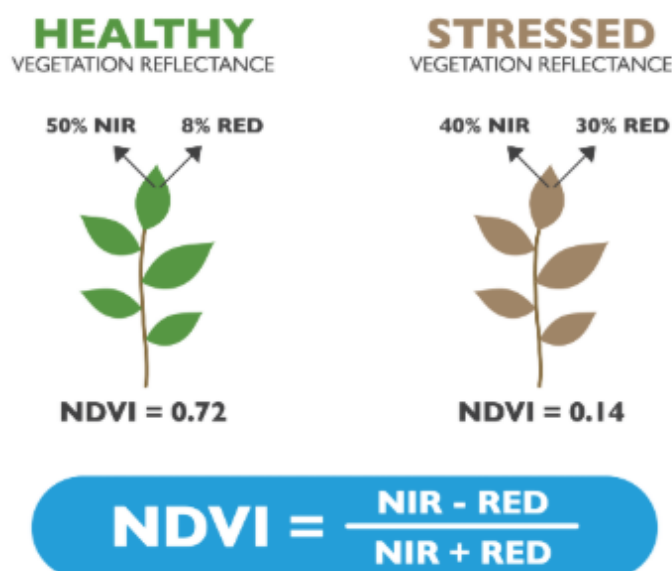
$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR_1}{NIR + SWIR_1} \quad (2)$$

Gdzie:

- **NIR** – wartość odbicia w bliskiej podczerwieni (np. pasmo B8 w Sentinel-2)
- **RED** – wartość odbicia w zakresie czerwonym (np. pasmo B4 w Sentinel-2)
- **SWIR** – wartość odbicia w krótkiej podczerwieni (np. pasmo B11 w Sentinel-2)

Uwaga: W przypadku danych Sentinel-2, pasmo SWIR (B11) ma rozdzielczość przestrzenną 20m, podczas gdy pasmo NIR (B8) ma rozdzielczość 10m. Przed obliczeniem wskaźnika NDMI konieczne jest ujednolicenie rozdzielczości obu pasm, np. poprzez resampling.



Rysunek 1: Przykład interpretacji NDVI: Zielona, zdrowa roślina ($NDVI = 0,72$) ma wysoką wartość NIR i niską RED, natomiast roślina zestresowana ($NDVI = 0,14$) ma niższy NIR i wyższy RED.

– wartość odbicia w bliskiej podczerwieni (np. pasmo B8 w SeŹródło: [12]

3 Zarys implementacji

System do analizy zmian wegetacji na podstawie zobrazowań Sentinel-2 zostanie zaprojektowany jako aplikacja modułowa, umożliwiająca łatwą rozbudowę i skalowanie. Poniżej przedstawiono główne założenia implementacyjne:

3.1 Architektura systemu

System będzie składał się z następujących głównych komponentów:

- **Moduł pobierania danych** – automatyczne pobieranie i wstępne przetwarzanie zobrazowań Sentinel-2 z repozytoriów (np. Copernicus Open Access Hub).
- **Moduł przetwarzania równoległego** – obliczanie wskaźników NDVI i NDMI na wielu rdzeniach CPU.
- **Moduł analizy i wizualizacji** – generowanie map, wykresów oraz interaktywna prezentacja wyników użytkownikowi.
- **Interfejs użytkownika (GUI)** – aplikacja desktopowa umożliwiająca wybór obszaru analizy, parametrów oraz przeglądanie wyników.
- **Moduł eksportu danych** – umożliwiający zapis wyników w formatach rastrowych (GeoTIFF) i graficznych.

3.2 Przepływ działania systemu

1. Użytkownik wybiera obszar zainteresowania (AOI) oraz zakres czasowy analizy.
2. System pobiera odpowiednie zobrazowania Sentinel-2 i wykonuje ich wstępne przetwarzanie.
3. Moduł przetwarzania równoległego oblicza wskaźniki NDVI i NDMI dla wybranych scen.
4. Wyniki są analizowane i prezentowane w formie map oraz wykresów w interfejsie graficznym.
5. Użytkownik może eksportować wyniki do plików lub przeprowadzić dodatkową analizę.

Całość rozwiązania zostanie zaimplementowana w języku Python z wykorzystaniem bibliotek do przetwarzania danych geoprzestrzennych (Rasterio, GDAL), obliczeń numerycznych (NumPy), przetwarzania równoległego (multiprocessing), wizualizacji (Matplotlib) oraz budowy GUI (PyQt6 lub Tkinter).

4 Wybrane Technologie

Poniższa tabela przedstawia wybrane technologie wraz z ich głównym zastosowaniem w projekcie.

Tabela 1: Wybrane technologie i ich zastosowanie.

Technologia	Zastosowanie w Projekcie
Język Programowania: Python	Główny język implementacji logiki aplikacji, obliczeń i GUI.
Przetwarzanie Równoległe: <code>multiprocessing</code> (Python)	Równoległe wykonywanie obliczeń indeksów NDVI/NDMI na wielu rdzeniach CPU.
Przetwarzanie Danych Geoprzestrzennych: Rasterio (z GDAL)	Odczyt, zapis i podstawowe operacje na danych rastrowych Sentinel-2 (format GeoTIFF).
Obliczenia Numeryczne: NumPy	Wydajne operacje na tablicach (pikselach obrazów) podczas obliczania indeksów.
Interfejs Graficzny Użytkownika (GUI): PyQt6 (lub Tkinter)	Tworzenie interaktywnego interfejsu dla użytkownika (wczytywanie danych, wybór AOI, wizualizacja).
Wizualizacja Danych: Matplotlib	Wyświetlanie przetworzonych map NDVI/NDMI w interfejsie graficznym.
Format Danych Wyjściowych: GeoTIFF	Standardowy format zapisu przetworzonych map geoprzestrzennych.

5 Uruchamianie Programu

Aplikacja zostanie napisana w języku Python i będzie przeznaczona do uruchamiania jako aplikacja desktopowa. Poniżej przedstawione zostaną ogólne kroki do uruchomienia programu oraz informacje o planowanej kompatybilności systemowej.

5.1 Wymagania Wstępne

Do uruchomienia aplikacji potrzebne będą:

- Zainstalowany Python (zalecana wersja 3.8 lub nowsza).
- Zainstalowane biblioteki Python, które zostaną wymienione w sekcji 4 (np. PyQt6/Tkinter, Rasterio, NumPy, Matplotlib). Zalecane będzie użycie menedżera pakietów pip: `pip install -r requirements.txt` (plik `requirements.txt` zostanie dostarczony wraz z kodem źródłowym).

5.2 Instrukcja Uruchomienia

Planowane kroki uruchomienia aplikacji:

1. Pobranie kodu źródłowego aplikacji.
2. Otwarcie terminala lub wiersza poleceń w głównym katalogu projektu.
3. Upewnienie się, że wszystkie zależności są zainstalowane (zgodnie z Wymaganiami Wstępnymi).

4. Uruchomienie głównego pliku aplikacji Pythona, np. `python main.py` (nazwa pliku może ulec zmianie).

5.3 Kompatybilność Systemowa

Planuje się, że aplikacja będzie kompatybilna z następującymi systemami operacyjnymi:

- **Windows:** Tak (planowane testy na Windows 10/11).
- **macOS:** Tak (oczekuje się działania, ewentualne drobne dostosowania związane z bibliotekami GUI lub ścieżkami zostaną wprowadzone w razie potrzeby).
- **Linux:** Tak (oczekuje się działania na większości dystrybucji, np. Ubuntu, Fedora; podobnie jak w macOS, ewentualne drobne kwestie konfiguracyjne zostaną rozwiązane).

Należy uwzględnić, że działanie interfejsu graficznego oraz niektórych bibliotek (np. GDAL, będącego zależnością Rasterio) może nieznacznie różnić się między systemami operacyjnymi. W przypadku problemów, sprawdzona zostanie dokumentacja poszczególnych bibliotek dla danego systemu.

Bibliografia

- [1] European Space Agency. *Sentinel-2 User Handbook*. 2023. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi> (term. wiz. 19.03.2024).
- [2] European Space Agency. *Copernicus Open Access Hub*. 2024. URL: <https://scihub.copernicus.eu/> (term. wiz. 19.03.2024).
- [3] United States Geological Survey. *Landsat Normalized Difference Vegetation Index*. 2024. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index> (term. wiz. 19.03.2024).
- [4] NASA Earth Observatory. *Measuring Vegetation (Part 2)*. 2024. URL: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php (term. wiz. 19.03.2024).
- [5] GDAL/OGR contributors. *GDAL Documentation*. 2024. URL: <https://gdal.org/> (term. wiz. 19.03.2024).
- [6] Sinergise. *Sentinel Hub Documentation*. 2024. URL: <https://docs.sentinel-hub.com/> (term. wiz. 19.03.2024).
- [7] United States Geological Survey. *Earth Resources Observation and Science Center*. 2024. URL: <https://www.usgs.gov/centers/eros> (term. wiz. 19.03.2024).
- [8] QGIS Project. *QGIS Documentation*. 2024. URL: <https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/> (term. wiz. 19.03.2024).
- [9] Matplotlib Development Team. *Matplotlib Documentation*. 2024. URL: <https://matplotlib.org/stable/contents.html> (term. wiz. 19.03.2024).
- [10] Python Software Foundation. *Python multiprocessing documentation*. 2024. URL: <https://docs.python.org/3/library/multiprocessing.html> (term. wiz. 19.03.2024).

- [11] Mapbox. *Rasterio Documentation*. 2024. URL: <https://rasterio.readthedocs.io/en/latest/> (term. wiz. 19.03.2024).
- [12] Agricolus. *NDVI: Healthy vs Stressed Vegetation*. Dostęp: maj 2024. 2018. URL: https://www.agricolus.com/wp-content/uploads/2018/05/NDVI_healthy_stressed.png.