

AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,
INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ**

Symulacja Dyskretna Systemów Złożonych

Symulacja zagrożenia lawinowego w Tatrach Polskich

Autorzy:

Kierunek studiów:

Opiekun pracy:

Marek Jachym, Wojciech Konieczkiewicz

Informatyka

dr hab. inż. Jarosław Wąs

Kraków, 2020

Spis treści

1. Wprowadzenie	5
1.1. Cel	5
1.2. Opis problemu	5
1.3. Możliwe rozwiązanie	5
2. Stworzony model zjawiska	7
2.1. Opracowanie danych topograficznych	7
2.1.1. Wybór cech	7
2.1.2. Format .las	7
2.1.3. Triangulacja Delaunaya	8
2.1.4. Nachylenie powierzchni i ekspozycja słoneczna	8
2.1.5. Piętro	10
2.1.6. Wysokość	10
2.1.7. Wklęsłe formy terenu	10
2.2. Dane pogodowe	10
2.2.1. Najważniejsze czynniki	10
2.2.2. Pobieranie danych pogodowych	10
2.3. Predykcja zagrożenia na podstawie danych	11
2.3.1. Przyjmowane wartości	11
2.3.2. Uzasadnienie przyjętych wartości	11
2.3.3. Syntetyczny zbiór danych	12
2.3.4. Drzewo decyzyjne	13
3. Symulacja zjawiska - implementacja i szczegóły techniczne	15
3.1. Wybór języka programowania	15
3.2. Narzędzia wykorzystywane w trakcie tworzenia projektu	15
3.2.1. Środowisko programowania	15
3.2.2. Wybrane biblioteki zewnętrzne języka Python	16
3.2.3. Usługi chmurowe Google Cloud Platform i dane pogodowe	16

4. Graficzny interfejs użytkownika	19
4.1. Pierwszy etap implementacji	19
4.1.1. Mapa Tatr	19
4.2. Etap drugi - główne okno aplikacji	20
4.3. Etap trzeci - interaktywna mapa Tatr.....	21
4.4. Etap czwarty - okna detaliczne.....	22
4.5. Obsługa aplikacji i jej działanie	23

1. Wprowadzenie

1.1. Cel

Celem niniejszej pracy jest stworzenie symulacji, która dostarcza w czasie rzeczywistym informacji dotyczących możliwego zagrożenia lawinowego na terenie Tatr w Polsce.

1.2. Opis problemu

Lawiny śnieżne są powszechnie występującym zagrożeniem na całym świecie i stanowią niebezpieczeństwo zarówno dla ludzi, jak i biznesu oraz infrastruktury. Instytucje w różnych państwach alarmują o zagrożeniu lawinowym w podobny sposób, choć można zauważyć, że im większe zagrożenie stanowi zjawisko samoistnego ruchu śniegu, tym bardziej szczegółowe są prognozy.

Głównym problemem przy określaniu ryzyka lawinowego jest złożoność tego zjawiska. Zależy ono zarówno od czynników stałych, do których zalicza się np. ukształtowanie terenu (1. typ uwarunkowań) oraz zmiennych, dotyczących stanu śniegu (2. typ uwarunkowań) oraz warunków meteorologicznych (3. typ uwarunkowań) (Woszczek 2016). Polskie instytucje wydają regularnie tzw. komunikaty lawinowe, są one jednak jedynie ogólnym zapisem zagrożenia - ratownicy zastrzegają, że informacje zawarte w komunikacie stanowią tylko podstawę do samodzielnej oceny.

Przedmiotem poniższej pracy jest więc próba zastosowania technologii, by zapewnić system wspomagający decyzje ekspertów w celu tworzenia jeszcze bardziej precyzyjnych ostrzeżeń. Symulacja sama w sobie nie stanowi profesjonalnego narzędzia, ale zawiera koncepcje i rozwiązania, które można zastosować przy tworzeniu niezawodnego i złożonego narzędzia dla państwowych instytucji.

1.3. Możliwe rozwiązanie

Na świecie modele przewidujące zagrożenie są tworzone w oparciu o metody statystyczne oraz metody uczenia maszynowego takie jak analiza najbliższego sąsiedztwa (ang. nearest neighbor analysis), analiza skupień (ang. cluster analysis), czy drzewa klasyfikacyjne (ang. classification trees) (Joshi, Kumar, Srivastava, Sachdeva, Ganju 2018). Są to jednak rozwiązania stworzone na podstawie wieloletnich

pomiarów (również dotyczących warunków pokrywy śnieżnej), do których nie uzyskano dostępu. Zdecydowano się więc oprzeć na wnioskach autorów publikacji, charakteryzujących najważniejsze czynniki stwarzające ryzyko.

W celu jak najdokładniejszego określania ryzyka wykorzystano bardzo precyzyjne informacje dotyczące ukształtowania terenu oraz dane pogodowe (dane dotyczące śniegu nie są ogólnodostępne i ich zmierzenie wymaga specjalistycznej wiedzy oraz narzędzi).

Korzystając z danych topograficznych uproszczono ukształtowanie powierzchni Tatr (każdy z obszarów o powierzchni około 4 km² reprezentowany jest przy pomocy około 110 punktów) i obliczono odpowiednie cechy. Następnie w połączeniu z cechami dotyczącymi warunków atmosferycznych możliwe stało się określenie ryzyka dla każdego takiego obszaru przy pomocy stworzonego wcześniej drzewa decyzyjnego. Dzięki takiemu podejściu, cały obszar Tatr Polskich podlega obserwacji, a w razie wystąpienia sprzyjających warunków (wykorzystano 2 z 3 istniejących uwarunkowań) w sposób zautomatyzowany wydaje się odpowiednie ostrzeżenia.

2. Stworzony model zjawiska

Niniejszy rozdział opisuje szczegółowo kolejne kroki oraz wykorzystane algorytmy niezbędne do uzyskania efektu końcowego.

2.1. Opracowanie danych topograficznych

2.1.1. Wybór cech

Jak wspomniano już wcześniej, do oszacowania ryzyka lawinowego konieczne jest posiadanie danych dotyczących cech terenu. Bazując na pracy pani Izabeli Woszczak, skupiono się na obliczeniu takich cech, jak:

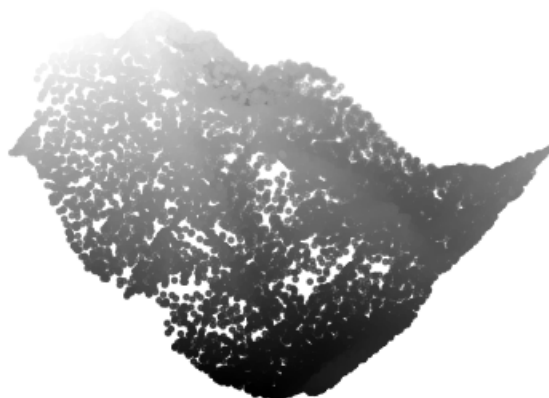
- nachylenie powierzchni;
- ekspozycja słoneczna;
- piętro;
- wysokość;
- forma terenu (skupiono się na żlebach).

2.1.2. Format .las

Na początkowym etapie pracy otrzymano pliki w formacie .las - każdy z nich reprezentujący ukształtowanie terenu wybranego obszaru.

Format .las został stworzony do przechowywania zbioru punktów w przestrzeni trójwymiarowej (ang. point cloud), otrzymanych przy pomocy metody Lidar, która polega na oświetlaniu wybranych punktów na powierzchni Ziemi laserem i zapisie jego odbicia przy pomocy sensorów. Dzięki tej metodzie powstają mapy o wysokiej rozdzielczości, stosowane w naukach o Ziemi (Sustainability of Digital Formats: Planning for Library of Congress Collections [loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000418](https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000418), dostęp 7 czerwca 2020).

Otrzymane pliki zawierały średnio około 11 milionów punktów, przy czym każdy z nich reprezentował powierzchnię około 4 km².

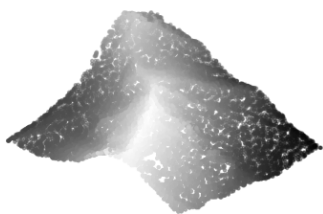


Rys. 2.1. Uproszczona wizualizacja zbioru punktów z pliku .las

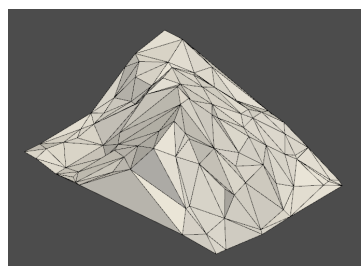
2.1.3. Triangulacja Delaunaya

Sam zbiór punktów nie oferuje możliwości łatwego obliczania wyżej wymienionych cech, dlatego zastosowano uproszczenie powierzchni terenu przy pomocy triangulacji Delaunaya.

Jest to algorytm, który na podstawie zbioru punktów tworzy zbiór trójkątów, gdzie wierzchołki każdego trójkąta stanowią owe punkty. Własnością algorytmu jest, że maksymalizuje on najmniejsze z kątów w powstałych trójkątach, unikając tzw. sliver triangles (Delaunay 1934).



Rys. 2.2. Obszar przedstawiony jako zbiór punktów



Rys. 2.3. Ten samo obszar poddany triangulacji

2.1.4. Nachylenie powierzchni i ekspozycja słoneczna

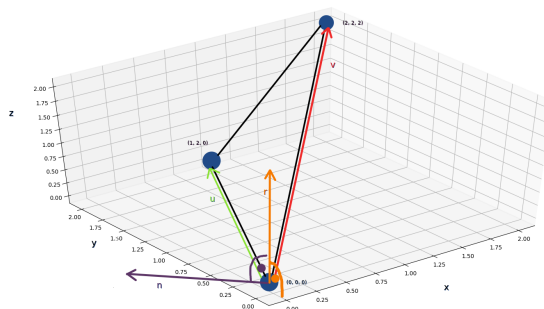
Uzyskanie trójkątów umiejscowionych w przestrzeni trójwymiarowej (każdy trójkąt reprezentuje krotka 3 punktów (x, y, z)) pozwoliło na obliczenie ekspozycji słonecznej oraz nachylenia powierzchni dla każdego z nich przy pomocy odpowiednich operacji algebry liniowej. Kod dla obliczeń przedstawionych w tym podrozdziale został wylistowany w podrozdziale ...

2.1.4.1. Obliczenia dla nachylenia powierzchni

Algorytm obliczania nachylenia powierzchni dla każdego trójkąta (odpowiednie wektory przedstawione są na **Rys. 2.4.**):

1. Ustal normę r (wektor jednostkowy prostopadły) do płaszczyzny xy .
2. Oblicz normę do płaszczyzny trójkąta wybierając 2 dowolne wektory u i v łączące wierzchołki trójkąta, obliczając iloczyn wektorowy i normalizując go do wektora n .
3. Oblicz iloczyn skalarny dla normy płaszczyzny xy i normy płaszczyzny trójkąta.
4. Oblicz \arccos obliczonego iloczynu skalarnego.

Wynikiem algorytmu jest nachylenie płaszczyzny trójkąta do płaszczyzny xy wyrażone w stopniach.



Rys. 2.4. Przedstawienie odpowiednich wektorów dla pojedynczego trójkąta

2.1.4.2. Obliczenia dla ekspozycji słonecznej

Algorytm obliczania ekspozycji słonecznej przebiega podobnie do algorytmu obliczania nachylenia powierzchni. Każdemu kierunkowi geograficznemu (północ, północny-wschód itd.) odpowiada wektor jednostkowy. Algorytm jest przeprowadzany dla każdego trójkąta i dla każdego kierunku. Jeżeli otrzymany wynik jest mniejszy lub równy 15° dla wybranego kierunku, to przyjmuje się, że dany trójkąt reprezentuje stok o wybranej ekspozycji.

1. Oblicz normę do płaszczyzny trójkąta wybierając 2 dowolne wektory łączące wierzchołki trójkąta, obliczając iloczyn wektorowy i normalizując go.
2. Zrzutuj obliczoną normę na płaszczyznę xy .
3. Oblicz iloczyn skalarny dla normy płaszczyzny xy i zrzutowanej normy płaszczyzny trójkąta.
4. Oblicz \arccos obliczonego iloczynu skalarnego.
5. Jeżeli obliczony kąt jest mniejszy lub równy 15° , to przyjmij obecny kierunek jako ekspozycję stoku.

2.1.5. Piętro

Jak podaje ..., piętra zwiększające ryzyko zejścia lawiny to piętra subalpejskie i alpejskie. Zależą one bezpośrednio od wysokości, którą odczytano bezpośrednio z plików .las.

2.1.6. Wysokość

... również określa wysokości, na których najczęściej dochodzi do zejścia lawin. Punkty odczytano bezpośrednio z plików .las.

2.1.7. Wklęsłe formy terenu

Informacje o występowaniu na obszarach jednostkowych żlebów, będących reprezentantami wklęsłych form terenu, uzyskano nie na podstawie zawartości plików .las, lecz na podstawie zawartości rządowych witryn internetowych, skąd pliki te zostały pozyskane.

Dzięki zastosowaniu takiego podejścia, zachowano czas na dopracowanie innych elementów symulacji przy zachowaniu 100 PROCENT dokładności w kwestii identyfikacji tak ważnych przy określaniu ryzyka lawinowego form terenu, jak żleby.

Korzystając z narzędzi do automatyzacji przeszukiwania kodu HTML, zidentyfikowano ewentualne występowanie żlebów.

2.2. Dane pogodowe

2.2.1. Najważniejsze czynniki

Dane pogodowe są kolejnymi kluczowymi danymi potrzebnymi do predykcji wystąpienia lawiny na danym obszarze (Joshi, Kumar, Srivastava, Sachdeva, Ganju 2018). Z dostępnych pomiarów wyodrębnione zostały 4 najważniejsze cechy wpływające na występowanie lawiny:

- grubość pokrywy śnieżnej;
- zmiany temperatury;
- opad deszczu;
- prędkość wiatru.

2.2.2. Pobieranie danych pogodowych

Do pobrania danych pogodowych skorzystano z ogólnodostępnego API z Open Weather Map, umożliwiające szybkie i częste pobieranie danych pogodowych o wysokiej dokładności.

2.3. Predykcja zagrożenia na podstawie danych

Jak wspomniano w podrozdziale 1.3, z powodu braku dostępnych danych charakteryzujących szczegółowo oraz na przestrzeni długiego czasu zjawisko schodzenia lawin, zdecydowano się oprzeć na wnioskach autorów publikacji i w modelu uwzględnić czynniki:

- opisane przez autorów jako krytyczne dla zagrożenia;
- możliwe do obliczenia lub ustalenia.

2.3.1. Przyjmowane wartości

Ostatecznie każdy obszar jednostkowy scharakteryzowano rekordem o następujących cechach (każda przyjmuje jedynie wartości *True* i *False*, gdzie wartość *True* oznacza, że cecha przyjmowała wartości zwiększające zagrożenie; wartość *False* natomiast oznacza, że cecha przyjmowała wartości zmniejszające zagrożenia):

Nazwa cechy	<i>True</i> , gdy
form_terenu	na obszarze znajduje się co najmniej 1 żleb.
eksp_sloneczna	na obszarze znajdują się stoki o nachyleniu w przedziale $[30^\circ, 40^\circ]$ i ekspozycji NE, W lub E.
nachylenie	$Q_1 \geq 25^\circ$ i $Q_3 \leq 50^\circ$.
pietro	$\max_wysokość \geq 1600$ m n.p.m.
wysokosc	$Q_1 \geq 1300$ m n.p.m i $Q_3 \leq 2100$ m n.p.m.
pora_roku	obecną porą roku jest lato.
deszcz48h	w ciągu ostatnich 48 godzin wystąpił opad o minimalnej intensywności 10mm/h.
snieg48h	w ciągu ostatnich 48 godzin opad śniegu przekroczył próg 200mm.
wiatr48h	w ciągu ostatnich 48 godzin wystąpił wiatr o minimalnej prędkości 13m/s.
wzr_temp	w ciągu ostatnich 48 godzin temperatura zmieniła się z ujemnej na dodatnią i $t_r > 0^\circ$.

2.3.2. Uzasadnienie przyjętych wartości

Wartości graniczne, które decydują, czy dana cech przyjmie wartość zwiększającą (*True*), czy zmniejszającą zagrożenie (*False*), zostały przyjęte zgodnie z treścią przeanalizowanych publikacji naukowych:

- forma terenu - *"Istotnym czynnikiem sprzyjającym wystąpieniu lawiny jest forma terenu. Kształt stoku ma bowiem wpływ na grubość odkładanej warstwy śniegu, co bezpośrednio wiąże się ze wzrostem zagrożenia lawinowego. (...) Największe zagrożenie lawinowe obejmuje stoki wklęsłe w profilu poprzecznym doliny, przede wszystkim żleby i jary."* (Woszczek 2016)
- ekspozycja słoneczna - *Analiza i charakterystyka ekspozycji terenu przeprowadzona dla wybranych uśrednionych wartości ekspozycji wykazała, że w badanej próbie największy udział mają*

ekspozycje północno-wschodnia, wschodnia oraz zachodnia, łącznie stanowiące 75% analizowanych przypadków." (Woszczek 2016)

- nachylenie - *Ża najistotniejszy wskaźnik uznano średnią wartość nachylenia. Spośród dwudziestu analizowanych przypadków dla piętnastu z nich (75%) średnie wartości nachyleń odpowiadają przedziałowi od 30° do 40°(...) krytycznym kącie nachylenia terenu, który został określony na podstawie wieloletnich obserwacji lawin. Przedział wartości tego kąta wynosi od 20 do 50° (IMGW-PIB)." (Woszczek 2016) oraz "Most avalanches occur on the hillside with a slope angle of about 36° to 42°." (Hao, Huang, Liu, Amanambu, Li 2018)*
- piętro - *"I tak, w przypadku wysokości minimalnych do piętra subalpejskiego i alpejskiego zaliczono łącznie 80% przypadków, a pozostałe 20% wystąpiło w piętrze leśnym." (Woszczek 2016)*
- wysokość - *"Większe znaczenie mają obliczone wartości najmniejszych i największych wysokości maksymalnych oraz minimalnych. (...) Największa maksymalna wysokość została przypisana lawinie w rejonie Buli pod Rysami – 2094 m n.p.m., a najmniejsza – tej w rejonie Małego Kotle Mieguszwieckiego – 1625 m n.p.m. Najmniejsza wysokość minimalna obliczona została dla wspomnianej już największej lawiny (która miała miejsce w Krówskim Żlebie) – i wyniosła 1363 m n.p.m. Największa natomiast była dla lawiny spod Pośredniego Wierchu Goryczkowego – 1888 m n.p.m." (Woszczek 2016)*
- pora roku - *okres zimowy przyjęto jako niebezpieczny z powodu ujemnych temperatur i dużych opadów śniegu. "W okresie jesiennym lawiny gruntowe tworzy pierwsza, cienka warstwa śniegu, która zsuwa się wzdłuż powierzchni stoku, odstawiając podłoże pozbawione pokrywy śnieżnej." oraz "W okresie wiosennym pojawianie się lawin gruntowych związane jest ze wzrostem temperatury i opadami deszczu, które powodują topnienie, a co za tym idzie – wzrost ciężaru śniegu." (Woszczek 2016)*
- wzrost temperatury - *"There is a high probability of temperature-rise-triggered avalanche release when temperature continuously rises within three days and daily mean temperature in the following day reaches 0.5°C in late February to mid-March." (Hao i in. 2018)*

Wartości dotyczące opadów śniegu oraz wiatru przyjęto na podstawie wskazań Górskiego Pogotowia Ratunkowego w Słowacji (laviny.sk/metodika-laviny/nauka-o-snehu-a-lavinach, dostęp 7 czerwca 2020).

Nie znaleziono wartości dotyczących opadów śniegu - jedynym punktem odniesienia jest informacja, iż opad musi być intensywny, aby przyczynić się do powstania lawiny.

2.3.3. Syntetyczny zbiór danych

Jak wspomniano w sekcji 1.3, obecnie na świecie rozwiązania są oparte niemal wyłącznie na metodach statystycznych oraz metodach uczenia maszynowego, które wymagają odpowiednich danych.

Postanowiono więc stworzyć własny zbiór danych w sposób sztuczny, aby następnie na ich podstawie utworzyć odpowiednie drzewo decyzyjne. Takie podejście pozwala wprowadzić reguły zaczerpnięte z publikacji, jednocześnie budując fundament prawdziwego rozwiązania.

Kolejne kroki tworzenia sztucznego zbioru to:

1. Uzyskanie wszystkich możliwych kombinacji cech (z pominięciem powstałych rekordów, które są wewnętrznie sprzeczne).
2. Przypisanie rekordom odpowiednich etykiet odpowiadających stopniowi zagrożenia.

Etykiety dobrano uważnie analizując wybrane publikacje i zwracając uwagę na nacisk autorów przy wymienianiu kolejnych czynników tworzących zagrożenie. Najwyższą rolę przypisano porze roku oraz opadom śniegu w ciągu 48 godzin. Zagrożenie wysokie przypisano rekordom przyjmującym dla cech niemal same wartości *True*.

Spełnione warunki	Zagrożenie
$\text{form_terenu} = \text{False} \text{ AND } \text{wysokosc} = \text{False}$	brak
$\text{pora_roku} = \text{False} \text{ AND } \text{snieg48h} = \text{False}$	brak
$\text{deszcz48h} = \text{False} \text{ AND } \text{snieg48h} = \text{False} \text{ AND } \text{wiatr48h} = \text{False} \text{ AND } \text{wzr_temp} = \text{False}$	brak
$\text{form_terenu} = \text{True} \text{ AND } \dots$	

W efekcie powstały 1024 rekordy, na podstawie których zbudowano drzewo decyzyjne.

2.3.4. Drzewo decyzyjne

Napisać o zaletach (źródło), przedstawić wynikowe drzewo.

3. Symulacja zjawiska - implementacja i szczegóły techniczne

3.1. Wybór języka programowania

Językiem który postanowiliśmy wybrać do implementacji symulacji przedstawionego powyżej problemu wybrano język Python w wersji **3.7.x**.

Ze względu na jego prostotę, wydajność i obszerny wybór bibliotek zewnętrznych wybraliśmy zamiast innych, również bardzo wydajnych ale bardziej skomplikowanych języków takich jak C++ czy Java.

3.2. Narzędzia wykorzystywane w trakcie tworzenia projektu

3.2.1. Środowisko programowania



Rys. 3.1. PyCharm Community

Wykorzystano **PyCharm Community 2019.3**, rozbudowane, potężne i wyposażone w dużą ilość dodatkowych narzędzi środowisko stworzone do pracy z językiem Python. Dostępne jest w dwóch wersjach, Professional oraz Community będąca wersją open-source przez co idealnie nadała się do wykorzystania przy naszym projekcie.

3.2.2. Wybrane biblioteki zewnętrzne języka Python

Jak wspomniano wcześniej, Python jest bardzo popularnym językiem przez co posiada wiele bibliotek zewnętrznych.

Do implementacji symulacji problemu wykorzystano następujące biblioteki zewnętrzne:

1. **PyQt5** - oferująca zestaw narzędzi do budowy graficznego interfejsu użytkownika
2. **pyowm** - oferująca zestaw narzędzi do eksploatacji API Open Weather Map
3. **laspy** - zestaw funkcji umożliwiający wykonywanie wielu operacji na plikach .las
4. **paramiko** - moduł umożliwiający komunikację SSH z poziomu skryptu w Pythonie
5. **pyvista** - biblioteka zawierająca implementację algorytmu triangulacji Delaunaya

3.2.3. Usługi chmurowe Google Cloud Platform i dane pogodowe



Kluczowym, z punktu widzenia projektu, okazało się znalezienie rozwiązania problemu ciągłej aktualizacji danych pogodowych. Z powodu iż dane muszą być nieustannie aktualizowane co 8 godzin, jedna z maszyn roboczych autorów musiałaby pracować bez przerwy. Nie jest to w żadnym stopniu rozwiązanie optymalne.

Zdecydowano się na skorzystanie z darmowego okresu próbnego oferowanego na platformie **Google Cloud Platform**. Oferta Google zawierała w sobie możliwość stworzenia instancji maszyny wirtualnej operującej na systemie **Debian 10 Buster** co otworzyło drogę do rozwiązania problemu ciągłej aktualizacji danych pogodowych.

Dane pogodowe pobierane są co 8 godzin, o godzinach 00:00, 08:00 i 16:00 przy pomocy skryptu **weather_conditions.py** który korzysta z biblioteki **pyowm**

Listing 3.1. pseudokod realizujący pobieranie danych pogodowych

```
weather_conditions.py

import pyowm

# UTWÓRZ ODPOWIEDNI FOLDER JEŻELI NIE ISTNIEJE
if dir_not_exists:
    create_dir

# WSPÓŁRZĘDNE ODPOWIEDNIEGO OBSZARU
coords = extract_coords(map_name)

# POBRANIE DANYCH POGODOWYCH
owm = pyowm.OWM("API_KEY")
observation = owm.weather_around_coords(N_lat, W_long)

# USUWANIE NAJSTARSZEGO POMIARU I ZASTĄPIENIE GO NOWYM
if measurement_count == 6:
    delete(oldest_measurement)

# STWÓRZ PLIK ZAWIERAJĄCY AKTUALNE DANE POGODOWE
data_file.create(path_to_file)
data_file.write(observation.weather_data)
```

3.2.3.1. Harmonogram pobrania danych

Za odpowiedni czas pobrania danych odpowiada narzędzie uniksopodobnych systemów operacyjnych **cron**. Jest to realizowane za pomocą odpowiednich wpisów w pliku **crontab**

```
0 6 * * * /usr/bin/python /path_to_script/weather_conditions.py

0 14 * * * /usr/bin/python /path_to_script/weather_conditions.py

0 22 * * * /usr/bin/python /path_to_script/weather_conditions.py
```

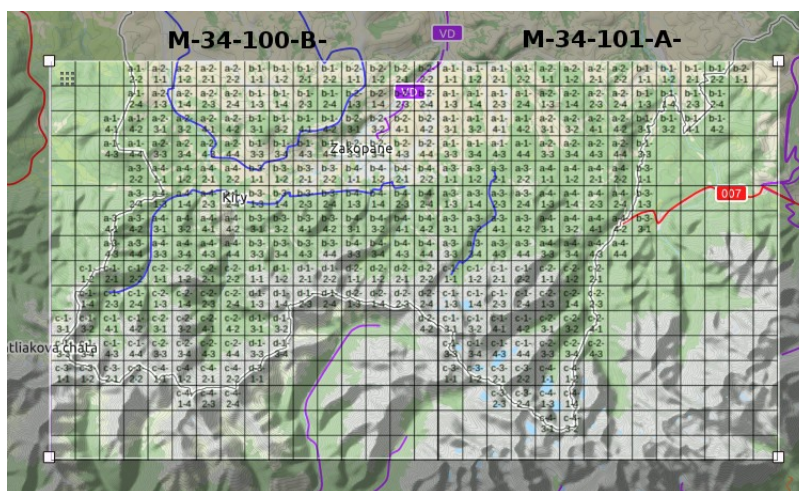

4. Graficzny interfejs użytkownika

Do stworzenia GUI (ang. Graphical User Interface) wykorzystano wcześniej wspomnianą bibliotekę PyQt5 oferującą zestaw narzędzi do budowy interfejsu użytkownika z użyciem klas QT

4.1. Pierwszy etap implementacji

Czytelny, prosty i przejrzysty interfejs użytkownika jest podstawą każdej dobrej aplikacji, niestety ze względu na wyzwania jakie niosła za sobą synchronizacja posiadanych map reprezentowanych przez zbiór plików .las z mapą geograficzną np. z Google Maps, nanoszenie zagrożeń na interaktywną mapę okazało się chwilowo poza zasięgiem.

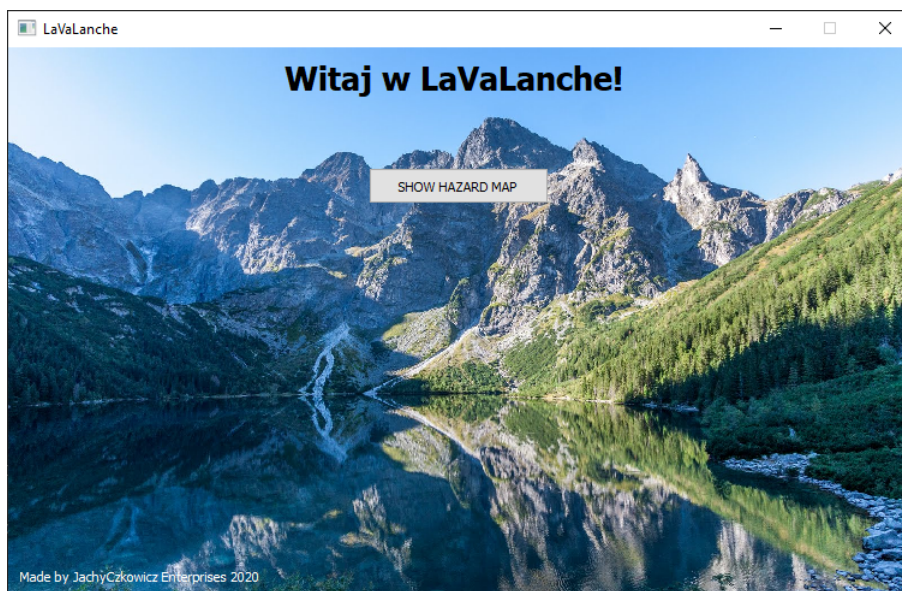
4.1.1. Mapa Tatr



Rys. 4.1. Oryginalna mapa

4.2. Etap drugi - główne okno aplikacji

Stwierdzono, że główne okno aplikacji powinno zawierać jak najmniej zbędnych elementów i być czytelne jak i przykuwające uwagę, z tego powodu na ekranie głównym aplikacji widnieje piękny widok na Morskie Oko wraz z okalającymi je szczytami widziane ze schroniska.



Rys. 4.2. Okno główne aplikacji

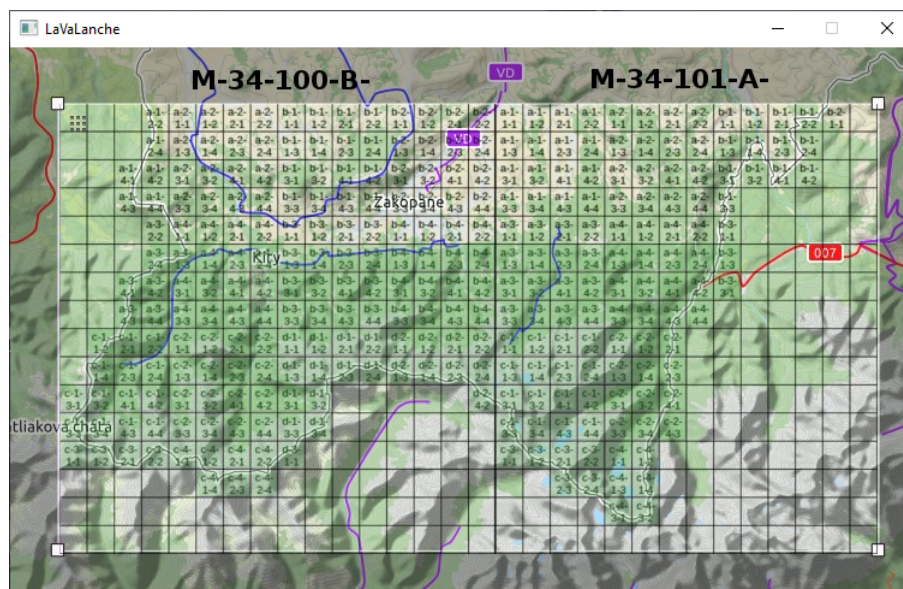
źródło: <http://podrozniczzeretrospekcje.blogspot.com>

Listing 4.1. Fragment pseudokodu realizującego okno główne

```
class MainWindow(QMainWindow):  
    def __init__(self):  
        super(MainWindow, self).__init__()  
        self.setFixedSize(width, height)  
        self.draw_labels()  
        self.draw_buttons()  
        self.set_image(path_to_image)  
        self.show()
```

4.3. Etap trzeci - interaktywna mapa Tatr

Wykorzystując otrzymaną wcześniej mapę Tatr, postanowiono nałożyć na poszczególne kwadraty przyciski z których każdy odnosi się do zawartego pod nim obszaru.



Rys. 4.3. Mapa z naniesionymi na nią przyciskami

Założono, że zagrożenie lawiną obliczane będzie tylko dla obszarów znajdujących się na południe od Zakopanego z tego względu iż ukształtowanie terenu na północ od tego miejsca praktycznie wyklucza wystąpienie jakiegokolwiek lawiny i nie ma tam historii występowania lawin, dlatego przyciski, które kolorowane są według poniższej legendy, znajdują się tylko na mniej więcej połowie obszarów.

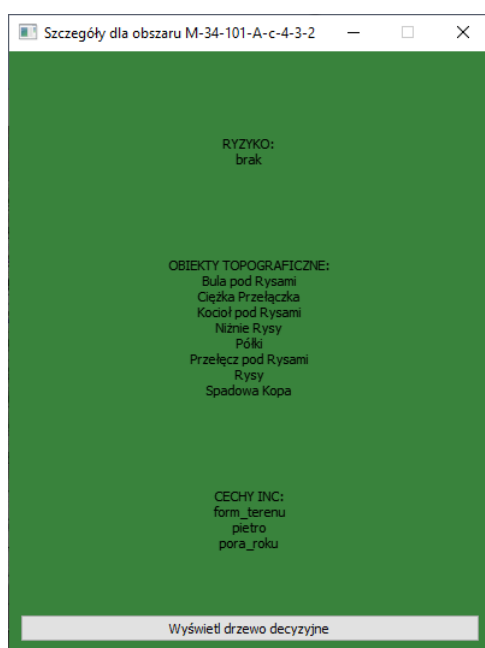


Rys. 4.4. Legenda kolorów przycisków

4.4. Etap czwarty - okna detaliczne

Ostatni, lecz nie mniej ważny niż pozostałe etap, zakładał implementację okien detalicznych dla każdego obszaru autonomicznego tj. obszaru reprezentowanego przez jeden plik .las. W oknie detalicznym znajdują się takie dane jak:

- stopień ryzyka
- charakterystyczne obiekty na danym terenie np. szczyty
- cechy zwiększające zagrożenie



Rys. 4.5. Okienko detaliczne

4.5. Obsługa aplikacji i jej działanie

Przed każdym uruchomieniem aplikacji aktualizowane są dane pogodowe z całego obszaru Tatr po polskiej stronie. Następnie ukazuje się okno główne aplikacji.

Na samym środku widnieje przycisk "SHOW HAZARD MAP" który po przyciśnięciu wyłącza okno główne i przechodzi do okna z interaktywną mapą obszaru.

W oknie interaktywnej mapy widnieją przyciski o kolorze odpowiadającym stopniowi zagrożenia, każdy z przycisków włącza okno detaliczne dla odpowiedniego obszaru autonomicznego. Na chwilę obecną nie ma możliwości powrotu do ekranu głównego.