

# Komputerowe systemy rozpoznawania

## 2020/2021

### Projekt 2. Podsumowania lingwistyczne relacyjnych baz danych

Kacper Czernik 242371  
Mateusz Grzeszczak 242398  
Prowadzący: Dr inż. Marcin Kacprowicz

19 maja 2024

## 1 Cel

W ramach projektu zaimplementowano aplikację umożliwiającą lingwistyczną agregację danych liczbowych z wykorzystaniem logiki rozmytej. Poprzez stworzenie struktury klas reprezentujących różne typy zbiorów rozmytych oraz operacje na nich, aplikacja generuje podsumowania lingwistyczne w języku quasi-naturalnym [2]. Dzięki interfejsowi graficznemu użytkownicy mogą dostosować generowane podsumowania poprzez wybór predefiniowanych sumaryzatorów, kwalifikatorów i kwantyfikatorów, określanie wag dla miar jakości oraz sortowanie wyników.

## 2 Baza danych, zmienne lingwistyczne, kwantyfikatory lingwistyczne

### 2.1 Charakterystyka podsumowywanej bazy danych

W ramach projektu wybrano bazę danych [4], zawierającą pomiary parametrów zbiorników wodnych wokół Irlandii. Baza ta zawiera łącznie 281 600 rekordów, jednak po wykluczeniu wartości "Null" pozostaje ponad 210 tysięcy wyników. Zestaw danych posiada 12 kolumn możliwych do rozmycia, z których 4 zostaną połączone podczas pre-procesingu danych, w celu zachowania logicznej spójności podsumowania. Przykładowe wartości dla tego zbioru danych przedstawiono poniżej (Tabela 1). Kolumny `latitude_degrees_north` oraz `longitude_degrees_east` zostaną połączone, aby reprezentować odległość od środka Irlandii, umożliwiając identyfikację położenia pomiaru w zależności od części

kraju. Analogicznie, kolumny sea\_surface\_x\_velocity\_m\_s oraz sea\_surface\_y\_velocity\_m\_s zostaną połączone w celu reprezentacji bezwzględnej prędkości wody, ułatwiając podsumowywanie wyników.

time	latitude	longitude	sea_surface_temperature	sea_bottom_temperature	sea_surface_salinity	sea_bottom_salinity	sea_surface_x_velocity	sea_surface_y_velocity	mixed_layer_depth	significant_wave_height	mean_wave_direction	mean_wave_period
[UTC]	[degrees]	[degrees]	[C]	[C]	[PSU]	[PSU]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m]	[degrees]	[s]
2016-08-15T00:00:00Z	48.0125	-17.9675	17.9150	2.1510	35.5712	34.9112	0.0142	-0.0266	24.0529	2.4823	98.1167	5.7896
2016-08-15T00:00:00Z	48.0125	-17.9625	17.9150	2.1510	35.5712	34.9112	0.0142	-0.0266	24.0529	2.4820	98.1082	5.7928

Rysunek 1: Marine Institute Monthly Model Means  $\epsilon$

## 2.2 Zmienne lingwistyczne (atrybuty/własności obiektów)

W ramach projektu opisano zmienne lingwistyczne, nadając im etykiety oraz prezentując wykresy funkcji przynależności oraz wzory analityczne. Poniżej przedstawiono opisy poszczególnych zmiennych wraz z ich definicjami:

### 2.2.1 Miejsce pomiaru

Najbardziej niestandardową zmienną lingwistyczną utworzoną na potrzeby zadania jest miejsce pobierania pomiaru, zmienna ta składać się będzie z dwóch części: szerokości geograficznej oraz długości geograficznej. Dla obu tych części utworzone zostały osobne funkcje przynależności pozwalające na dokładne opisanie miejsca, w którym dany pomiar został zebrany.

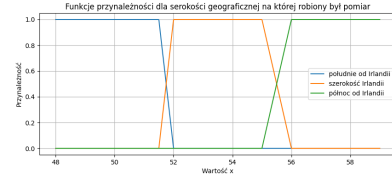
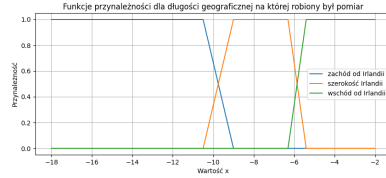
Poniżej znajduje się mapa na której zaznaczony został obszar poddany badaniom.



$$\begin{aligned}
 \text{na zachód od Irlandii}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq -10.5 \\ \frac{-9-x}{1.5} & \text{dla } -10.5 < x \leq -9 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{na południe od Irlandii}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 51.5 \\ \frac{52-x}{0.5} & \text{dla } 51.5 < x \leq 52 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\
 \text{na szerokości Irlandii}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-(-10.5)}{1.5} & \text{dla } -10.5 < x \leq -9 \\ 1 & \text{dla } -10.5 < x < -6.3 \\ \frac{-5.4-x}{0.9} & \text{dla } -6.3 < x \leq -5.4 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{na szerokości Irlandii}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-51.5}{0.5} & \text{dla } 51.5 < x \leq 52 \\ 1 & \text{dla } 52 < x < 55 \\ 56-x & \text{dla } 55 < x \leq 56 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\text{na wschód od Irlandii}(\mathbf{X}) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq -6.3 \\ \frac{x - (-6.3)}{0.9} & \text{dla } -6.3 < x \leq -5.4 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{na północ od Irlandii}(\mathbf{X}) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 55 \\ x - 55 & \text{dla } 55 < x \leq 56 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$



## 2.2.2 Temperatura na powierzchni

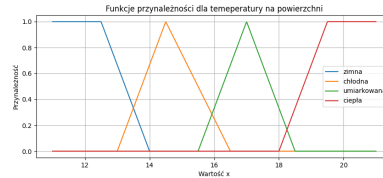
Poniżej zaprezentowany został podział temperatury na wyselekcjonowane etykiety wraz z funkcjami przynależności dla każdej z nich. Zmienna ta opisuje temperaturę uzyskaną podczas pomiaru na powierzchni tafli wody.

$$\text{zimna}(\mathbf{X}) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 12.5 \\ \frac{14-x}{1.5} & \text{dla } 12.5 < x \leq 14 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{umiarkowana}(\mathbf{X}) = \begin{cases} \frac{x-15.5}{1.5} & \text{dla } 15.5 < x < 17 \\ 1 & \text{dla } x = 17 \\ \frac{18.5-x}{1.5} & \text{dla } 17 < x \leq 18.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{chłodna}(\mathbf{X}) = \begin{cases} \frac{x-13}{1.5} & \text{dla } 13 < x < 14.5 \\ 1 & \text{dla } x = 14.5 \\ \frac{16.5-x}{2} & \text{dla } 14.5 < x \leq 16.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{ciepła}(\mathbf{X}) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 18 \\ \frac{x-18}{1} & \text{dla } 18 < x \leq 19.5 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$



## 2.2.3 Temperatura na dnie

Zmienna ta działa podobnie jak zmienna opisująca temperaturę na powierzchni z tą różnicą, że opisuje temperaturę zmierzoną na dnie zbiornika wodnego. Poniżej znajdują się wzory przynależności dla tej zmiennej lingwistycznej.

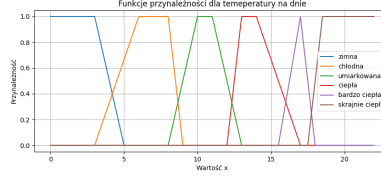
$$\text{zimna}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 3 \\ \frac{5-x}{2} & \text{dla } 3 < x \leq 5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{umiarkowana}(x) = \begin{cases} \frac{x-8}{2} & \text{dla } 8 < x \leq 10 \\ 1 & \text{dla } 10 < x \leq 11 \\ \frac{13-x}{2} & \text{dla } 11 < x \leq 13 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{chłodna}(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{3} & \text{dla } 3 < x \leq 6 \\ 1 & \text{dla } 6 < x \leq 8 \\ 9-x & \text{dla } 8 < x \leq 9 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{ciepła}(x) = \begin{cases} x-12 & \text{dla } 12 < x \leq 13 \\ 1 & \text{dla } 13 < x \leq 14 \\ \frac{17-x}{3} & \text{dla } 14 < x \leq 17 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{bardzo ciepła}(x) = \begin{cases} \frac{x-15.5}{1.5} & \text{dla } 15.5 < x < 17 \\ 1 & \text{dla } x = 17 \\ 18-x & \text{dla } 17 < x \leq 18 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad \text{skrajnie ciepła}(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 17.5 \\ x-17.5 & \text{dla } 17.5 < x \leq 18.5 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$



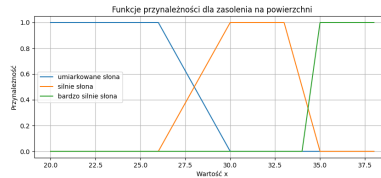
## 2.2.4 Zasolenie na powierzchni

Zmienna lingwistyczna opisująca zasolenie na powierzchni tafli wody, wartości przedstawione są w jednostkach zasolenia [PSU].

$$\text{umiarkowanie słona}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 26 \\ \frac{30-x}{4} & \text{dla } 26 < x \leq 30 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{silnie słona}(x) = \begin{cases} \frac{x-26}{4} & \text{dla } 26 < x \leq 30 \\ 1 & \text{dla } 30 < x < 33 \\ \frac{35-x}{2} & \text{dla } 33 < x \leq 35 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{bardzo silnie słona}(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 34 \\ x-34 & \text{dla } 34 < x \leq 35 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$



## 2.2.5 Zasolenie na dnie

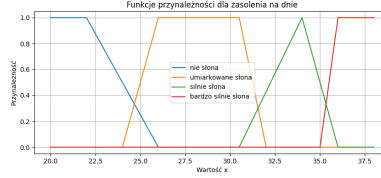
Ta zmienna lingwistyczna opisuje zasolenie na dnie opisane w jednostkach zasolenia [PSU].

$$\text{nie słona}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 22 \\ \frac{26-x}{4} & \text{dla } 22 < x \leq 26 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{umiarkowanie słona}(x) = \begin{cases} \frac{x-24}{2} & \text{dla } 24 < x \leq 26 \\ 1 & \text{dla } 26 < x \leq 30.5 \\ \frac{32-x}{1.5} & \text{dla } 30.5 < x \leq 32 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{silnie słona}(x) = \begin{cases} \frac{x-30.5}{3.5} & \text{dla } 30.5 < x < 34 \\ 1 & \text{dla } x = 34 \\ \frac{36-x}{2} & \text{dla } 34 < x \leq 36 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

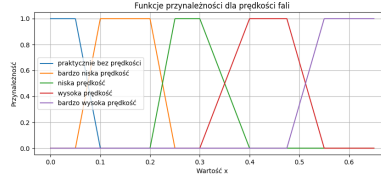
$$\text{bardzo silnie słona}(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 35 \\ x-35 & \text{dla } 35 < x \leq 36 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$



## 2.2.6 Prędkość wody

Wspomniana Zmienna opisuje prędkość, z jaką poruszała się woda w miejscu pomiaru w momencie jego robienia, jednostka, w której dane zostały zebrane to [m/s].

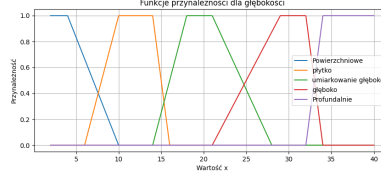
$$\begin{aligned} \text{praktycznie bez prędkości}(x) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 0.05 \\ \frac{0.1-x}{0.05} & \text{dla } 0.05 < x \leq 0.1 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{bardzo niska prędkość}(x) &= \begin{cases} \frac{x-0.05}{0.05} & \text{dla } 0.05 < x \leq 0.1 \\ 1 & \text{dla } 0.1 < x \leq 0.2 \\ \frac{0.25-x}{0.05} & \text{dla } 0.2 < x \leq 0.25 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{niska prędkość}(x) &= \begin{cases} \frac{x-0.2}{0.05} & \text{dla } 0.2 < x \leq 0.25 \\ 1 & \text{dla } 0.25 < x \leq 0.3 \\ \frac{0.4-x}{0.1} & \text{dla } 0.3 < x \leq 0.4 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{wysoka prędkość}(x) &= \begin{cases} \frac{x-0.3}{0.1} & \text{dla } 0.3 < x \leq 0.4 \\ 1 & \text{dla } 0.4 < x \leq 0.475 \\ \frac{0.55-x}{0.075} & \text{dla } 0.475 < x \leq 0.55 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{bardzo wysoka prędkość}(x) &= \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 0.475 \\ \frac{x-0.475}{0.075} & \text{dla } 0.475 < x \leq 0.55 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \end{aligned}$$



## 2.2.7 Głębokość dna

Zmienna opisująca, na jakiej głębokości znajduje się dno w miejscu robienia danego pomiaru, głębokość ta opisana została w metrach [m]. Etykiety wraz z funkcjami przynależności opisane zostały poniżej.

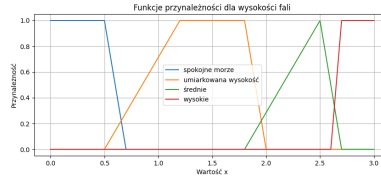
$$\begin{aligned} \text{głębokość przypowierzchniowa}(x) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 4 \\ \frac{10-x}{6} & \text{dla } 4 < x \leq 10 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{płytko}(x) &= \begin{cases} \frac{x-6}{4} & \text{dla } 6 < x \leq 10 \\ 1 & \text{dla } 10 < x \leq 14 \\ \frac{16-x}{2} & \text{dla } 14 < x \leq 16 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{umiarkowanie głęboko}(x) &= \begin{cases} \frac{x-14}{4} & \text{dla } 14 < x \leq 18 \\ 1 & \text{dla } 18 < x \leq 21 \\ \frac{28-x}{7} & \text{dla } 21 < x \leq 28 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{głęboko}(x) &= \begin{cases} \frac{x-21}{8} & \text{dla } 21 < x \leq 29 \\ 1 & \text{dla } 29 < x \leq 32 \\ \frac{34-x}{2} & \text{dla } 32 < x \leq 34 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{profundalnie głęboko}(x) &= \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 32 \\ \frac{x-32}{2} & \text{dla } 32 < x \leq 34 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \end{aligned}$$



### 2.2.8 wysokość fal

Wysokość fal to zmienna lingwistyczna mówiąca o tym, jak wysokie fale zostały zarejestrowane w momencie robienia pomiaru. Zmierzona wysokość ta opisana została w jednostkach si, czyli metrach [m]. Dokładny opis o tym, jak mierzy się wspomnianą wysokość opisana została w prezentacji [5].

$$\begin{aligned} \text{spokojne morze}(x) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 0.5 \\ \frac{0.7-x}{0.2} & \text{dla } 0.5 < x \leq 0.7 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{nie wielkie fale}(x) &= \begin{cases} \frac{x-0.5}{0.7} & \text{dla } 0.5 < x \leq 1.2 \\ 1 & \text{dla } 1.2 < x \leq 1.8 \\ \frac{2-x}{0.2} & \text{dla } 1.8 < x \leq 2 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{średnie fale}(x) &= \begin{cases} \frac{x-1.8}{0.7} & \text{dla } 1.8 < x < 2.5 \\ 1 & \text{dla } x = 2.5 \\ \frac{2.7-x}{0.2} & \text{dla } 2.5 < x \leq 2.7 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{wysokie fale}(x) &= \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 2.6 \\ \frac{x-2.6}{0.1} & \text{dla } 2.6 < x \leq 2.7 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \end{aligned}$$



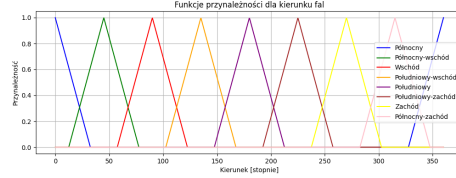
### 2.2.9 Kierunek fal

Kierunek fal mierzony mówi o tym, w którą stronę skierowane były fale w momencie robienia pomiaru. Wartość ta mierzona była w stopniach, jednakże dla ułatwienia analizy etykiety wybrane dla tej zmiennej zapisane zostały jako kierunki świata.

$$\begin{aligned} \text{północ}(x) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 0 \\ \frac{32.5-x}{32.5} & \text{dla } 0 < x \leq 32.5 \\ \frac{x-327.5}{32.5} & \text{dla } 327.5 < x \leq 360 \\ 1 & \text{dla } x \geq 360 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{północny-wschód}(x) &= \begin{cases} \frac{x-12.5}{32.5} & \text{dla } 12.5 < x \leq 45 \\ 1 & \text{dla } x = 45 \\ \frac{77.5-x}{32.5} & \text{dla } 45 < x \leq 77.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{wschód}(x) &= \begin{cases} \frac{x-57.5}{32.5} & \text{dla } 57.5 < x \leq 90 \\ 1 & \text{dla } x = 90 \\ \frac{122.5-x}{32.5} & \text{dla } 90 < x \leq 122.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{południowy-wschód}(x) &= \begin{cases} \frac{x-102.5}{32.5} & \text{dla } 102.5 < x \leq 135 \\ 1 & \text{dla } x = 135 \\ \frac{167.5-x}{32.5} & \text{dla } 135 < x \leq 167.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{południe}(x) &= \begin{cases} \frac{x-147.5}{32.5} & \text{dla } 147.5 < x < 180 \\ 1 & \text{dla } x = 180 \\ \frac{212.5-x}{32.5} & \text{dla } 180 < x \leq 212.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{południowy-zachód}(x) &= \begin{cases} \frac{x-192.5}{32.5} & \text{dla } 192.5 < x \leq 225 \\ 1 & \text{dla } x = 225 \\ \frac{257.5-x}{32.5} & \text{dla } 225 < x \leq 257.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\text{zachód}(x) = \begin{cases} \frac{x-237.5}{32.5} & \text{dla } 237.5 < x \leq 270 \\ 1 & \text{dla } x = 270 \\ \frac{302.5-x}{32.5} & \text{dla } 270 < x \leq 302.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$\text{północny-zachód}(x) = \begin{cases} \frac{x-282.5}{32.5} & \text{dla } 282.5 < x \leq 315 \\ 1 & \text{dla } x = 315 \\ \frac{347.5-x}{32.5} & \text{dla } 315 < x \leq 347.5 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$



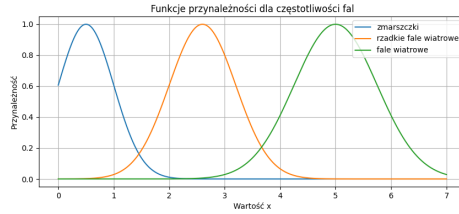
### 2.2.10 Częstotliwość fal

Zmienna lingwistyczna opisująca częstotliwość tworzenia się fal opisana została przy pomocy etykiet utworzonych na podstawie dokumentu [5], niewielka ilość etykiet utworzonych dla tej zmiennej spowodowana jest niewielkim przedziałem częstotliwości tworzenia się fal dla badanego obszaru.

$$\text{zmarszczki}(x) = \exp\left(-\frac{(x-0.5)^2}{2 \cdot 0.5^2}\right)$$

$$\text{rzadkie fale wiatrowe}(x) = \exp\left(-\frac{(x-2.6)^2}{2 \cdot 0.6^2}\right)$$

$$\text{fale wiatrowe}(x) = \exp\left(-\frac{(x-5)^2}{2 \cdot 0.75^2}\right)$$



## 2.3 Kwantyfikatory lingwistyczne

W ramach projektu opisano kwantyfikatory lingwistyczne, nadając im etykiety oraz prezentując wykresy funkcji przynależności, oraz wzory analityczne. Kwantyfikatory rozmyte względne i absolutne są narzędziami w logice rozmytej służącymi do opisu stopnia przynależności elementów do zbiorów rozmytych. Kwantyfikatory względne odnoszą się do relacji między zbiorami, podczas gdy kwantyfikatory absolutne opisują stopień przynależności wszystkich elementów do konkretnego zbioru rozmytego.

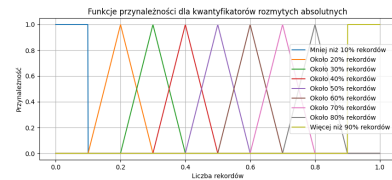
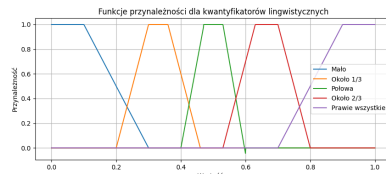
### 2.3.1 Kwantyfikatory rozmyte względne

$$\begin{aligned} \text{little}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 0.1 \\ \frac{0.3-x}{0.2} & \text{dla } 0.1 < x \leq 0.3 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{around\_1\_3}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 0.2 \\ 10(x-0.2) & \text{dla } 0.2 < x \leq 0.3 \\ 1 & \text{dla } 0.3 < x \leq 0.36 \\ 1-10(x-0.36) & \text{dla } 0.36 < x \leq 0.46 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{almost\_half}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 0.4 \\ 14(x-0.4) & \text{dla } 0.4 < x \leq 0.47 \\ 1 & \text{dla } 0.47 < x \leq 0.53 \\ 1-15(x-0.53) & \text{dla } 0.53 < x \leq 0.6 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} & \text{around\_2\_3}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 0.53 \\ 10(x-0.53) & \text{dla } 0.53 < x \leq 0.63 \\ 1 & \text{dla } 0.63 < x \leq 0.7 \\ 1-10(x-0.7) & \text{dla } 0.7 < x \leq 0.8 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \\ \text{almost\_all}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq 0.7 \\ \frac{x-0.7}{0.2} & \text{dla } 0.7 < x \leq 0.9 \\ 1 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \end{aligned}$$

### 2.3.2 Kwantyfikatory rozmyte absolutne

$$\begin{aligned} \text{mniej niż 10\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq 0.1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{około 20\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-0.1}{0.1} & \text{if } 0.1 < x < 0.2 \\ 1 & \text{if } x = 0.2 \\ \frac{0.3-x}{0.1} & \text{if } 0.2 < x \leq 0.3 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{około 30\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-0.2}{0.1} & \text{if } 0.2 < x \leq 0.3 \\ 1 & \text{if } x = 0.3 \\ \frac{0.4-x}{0.1} & \text{if } 0.3 < x \leq 0.4 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{około 40\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-0.3}{0.1} & \text{if } 0.3 < x \leq 0.4 \\ 1 & \text{if } x = 0.4 \\ \frac{0.5-x}{0.1} & \text{if } 0.4 < x \leq 0.5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{około 50\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-0.4}{0.1} & \text{if } 0.4 < x \leq 0.5 \\ 1 & \text{if } x = 0.5 \\ \frac{0.6-x}{0.1} & \text{if } 0.5 < x \leq 0.6 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{około 60\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-0.5}{0.1} & \text{if } 0.5 < x \leq 0.6 \\ 1 & \text{if } x = 0.6 \\ \frac{0.7-x}{0.1} & \text{if } 0.6 < x \leq 0.7 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{około 70\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-0.6}{0.1} & \text{if } 0.6 < x \leq 0.7 \\ 1 & \text{if } x = 0.7 \\ \frac{0.8-x}{0.1} & \text{if } 0.7 < x \leq 0.8 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} & \text{około 80\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} \frac{x-0.7}{0.1} & \text{if } 0.7 < x \leq 0.8 \\ 1 & \text{if } x = 0.8 \\ \frac{0.9-x}{0.1} & \text{if } 0.8 < x \leq 0.9 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{więcej niż 90\%}(\mathbf{X}) &= \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 0.9 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

### 2.3.3 wykresy wybranych kwalfikatorów lingwistycznych



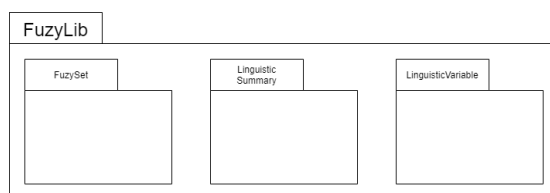
Opisy zostały przygotowane z uwzględnieniem literatury dotyczącej lingwistyki rozmytej oraz jej zastosowań.



### 3 Narzędzia obliczeniowe: wybór/implementacja. Diagram UML pakietu obliczeń rozmytych i generatora podsumowań. Instrukcja użytkownika

#### 3.1 Opis pakietu obliczeń rozmytych - fuzzyLib

W celu zaspokojenia wymagań zadania utworzony został pakiet przeznaczony do obsługi logiki aplikacji. Poniżej zaprezentowany został diagram UML przedstawiający strukturę pakietu oraz jego pakietów pochodnych.



Rysunek 2: pakiet fuzzyLib wraz z jego podpakietami

Warto tutaj zaznaczyć że przedstawione w tej sekcji UML'e nie zawierają metod pomocniczych (setery i getery), które zaimplementowane są domyślnie.

##### 3.1.1 pakiet FuzzySet

Pakiet definiujący interfejsy i implementacje funkcji przynależności, które są elementarnymi składnikami zbiorów rozmytych. Zawiera klasy i narzędzia służące do tworzenia, analizy i manipulacji tymi funkcjami. Dodatkowo klasa abstrakcyjna FuzzySet zapewnia operacje możliwe do przeprowadzenia na zbiorach rozmytych

**FuzzySet:** Klasa abstrakcyjna po której dziedziczą wszystkie pozostałe klasy reprezentujące zbiory rozmyte oraz ich funkcje przynależności, udostępnia operacje możliwe do wykonania na zbiorach rozmytych (dopełnienie, liczba kardynalna czy alfa cut).

**FuzzySetFactoryConsts:** Zawiera stałe reprezentujące różne typy funkcji przynależności, takie jak TRIANGULAR, TRAPEZOIDAL i GAUSSIAN.

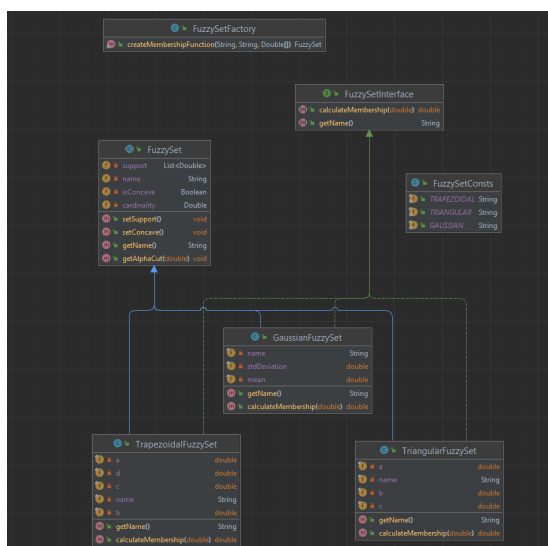
**Interfejs FuzzySetInterface:** Jest to interfejs definiujący ogólną funkcję przynależności.

**FuzzySetFactory:** Fabryka do tworzenia różnych typów funkcji przynależności na podstawie podanego typu oraz parametrów. Wykorzystuje wyrażenie switch do dynamicznego tworzenia odpowiednich instancji klas na podstawie podanego typu.

**TrapezoidalFuzzySet:** Reprezentuje funkcję przynależności trapezoidalnej w ramach zbioru rozmytego.

TriangularFuzzySet: Reprezentuje funkcję przynależności trójkątną w ramach zbioru rozmytego.

GaussianFuzzySet: Reprezentuje funkcję przynależności Gaussa w ramach zbioru rozmytego.



Rysunek 3: Pakiet MembershipFunction

### 3.1.2 Pakiet LinguisticSummary

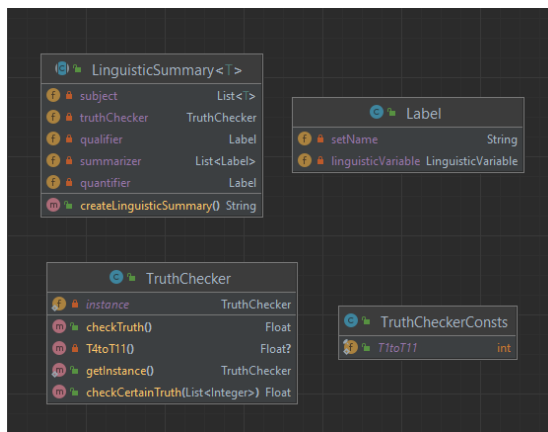
Pakiet zajmujący się generowaniem podsumowań lingwistycznych, czyli formułowania wniosków na podstawie zbiorów rozmytych. Zawiera klasy i narzędzia do tworzenia podsumowań lingwistycznych różnych stopni złożoności, w oparciu o zbiory rozmyte jako elementy wnioskowania.

Label: Klasa pomocnicza służąca do obsługi sumatyzatorów, kwalifikatorów i kwantyfikatorów, przechowuje nazwę funkcji przynależności oraz zmienną lingwistyczną. Dzięki temu jesteśmy w stanie określić przestrzeń rozważań oraz posługiwać się odpowiednią funkcją podczas tworzenia podsumowań.

LinguisticSummary<T>: Jest to klasa abstrakcyjna reprezentująca podsumowanie lingwistyczne. Posiada pola takie jak qualifier (kwalifikator), object (obiekt), summarizer (sumatory), truthChecker (obiekt sprawdzający prawdziwość) i quantifier (kwantyfikator). Udostępnia metody do tworzenia podsumowań lingwistycznych.

TruthChecker: Jest to klasa służąca do sprawdzania stopnia prawdziwości podsumowań lingwistycznych. Jest zaimplementowana jako Singleton, aby zapewnić tylko jedną instancję tej klasy w aplikacji.

TruthCheckerConsts: Zawiera stałe używane do identyfikowania różnych metod sprawdzania stopnia prawdziwości w klasie TruthChecker.



Rysunek 4: Pakiet LinguisticSummary

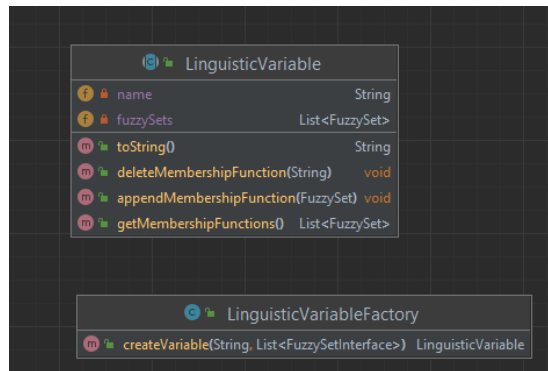
Tu warto zaznaczyć, że klasy TruthChecker oraz TruthCheckerConsts zawierają tylko poglądową ilość pól związanych z funkcjami jakości podsumowania lingwistycznego, ich docelowa ilość to 11 (od T1 do T11).

### 3.1.3 Pakiet LinguisticVariable

Pakiet odpowiedzialny za reprezentację i zarządzanie zbiorami rozmytymi. Zawiera klasy i narzędzia do definiowania, manipulowania i analizowania zbiorów rozmytych [1], w tym klasy reprezentujące same zbiory rozmyte oraz fabrykę umożliwiającą ich tworzenie.

**LinguisticVariable:** Jest to abstrakcyjna klasa reprezentująca zmienną lingwistyczną. Zawiera pola takie jak nazwa, lista funkcji przynależności. Udostępnia metody do dodawania i usuwania funkcji przynależności. Celem tej klasy jest reprezentowanie takich wartości jak na przykład kwalifikator bądź sumaryzator.

**LinguisticVariableFactory** Jest to klasa fabryki służąca do tworzenia instancji zmiennych lingwistycznych, będzie ona nadwyraz pomocna podczas ładowania zapisanych przez użytkownika customowo utworzonych funkcji przynależności.



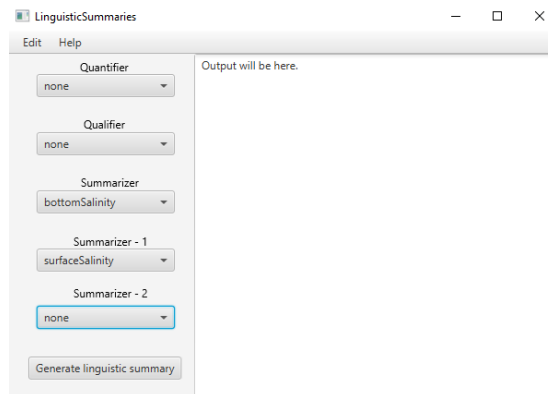
Rysunek 5: Pakiet FuzzySet

## 3.2 Interfejs użytkownika

Aplikacja posiada relatywnie intuicyjny interfejs użytkownika składający się z 2 paneli, pierwszy z nich służy do generowania podsumowań lingwistycznych, drugi to tak zwany interfejs użytkownika zaawansowanego pozwalający na tworzenie i dodawanie funkcji przynależności do danych zmiennych lingwistycznych. Cały front naszego programu realizowany jest przez pakiet "Gui"

### 3.2.1 Panel główny

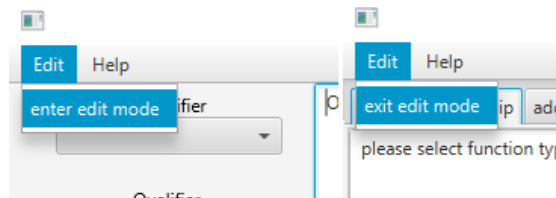
Panel główny aplikacji pozwala na wybranie z listy dostępnych obiektów kwantyfikatora, kwalifikatora oraz do 3 sumaryzatorów, po zatwierdzeniu parametrów wynik wyświetlony zostanie po lewej stronie ekranu.



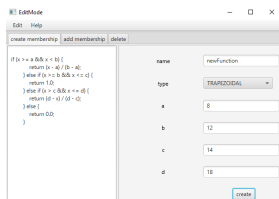
Rysunek 6: główny ekran aplikacji

### 3.2.2 Panel użytkownika zaawansowanego

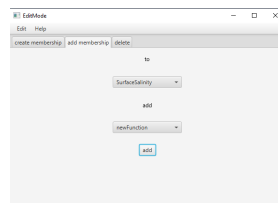
Wejście do panelu użytkownika zaawansowanego odbywa się poprzez panel Edit-> enter edit mode, w ten sam sposób można wspomniany panel opuścić Edit-> exit edit mode.



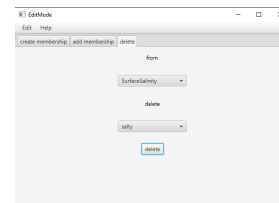
Rysunek 7: przełączanie się między panelem użytkownika zaawansowanego a panelem głównym



Rysunek 8: ekran tworzenia funkcji przynależności



Rysunek 9: ekran dodawania funkcji przynależności do zmiennej lingwistycznej



Rysunek 10: ekran usuwania funkcji przynależności ze zmiennej lingwistycznej

Utworzenie nowej funkcji przynależności odbywa się poprzez wybranie kształtu funkcji (trójkątna, trapezoidalna oraz gausowska) oraz wprowadzenie odpowiednich parametrów. W celu dodania/usunięcia funkcji ze zmiennej lingwistycznej należy skorzystać z odpowiednich paneli.

### 3.3 JRE

Aby uruchomić naszą aplikację, użytkownik musi mieć zainstalowane środowisko uruchomieniowe Java (Java Runtime Environment, JRE). Aplikacja została przetestowana i działa z najnowszą wersją JRE LTS (Long-Term Support), co zapewnia stabilność i długoterminowe wsparcie.

Aplikacja do poprawnego działania wymaga dostępu do relacyjnej bazy danych. Stworzona została z myślą o użyciu PostgreSQL 13. Użytkownik musi zainstalować i skonfigurować bazę danych oraz dostarczyć odpowiednie dane dostępowe. Dodatkowo Aplikacja wykorzystuje biblioteki Java, które są zarządzane przez system budowania Maven. Użytkownik musi mieć zainstalowany Maven w wersji 3.6.3 lub nowszej.

## 4 Jednopođmiotowe podsumowania lingwistyczne. Miary jakości, podsumowanie optymalne

Wyniki kolejnych eksperymentów wg punktów 2.-4. opisu projektu 2. Listy podsumowań jednopođmiotowych i tabele/rankingi podsumowań dla danych atrybutów obowiązkowe i dokładnie opisane w „captions” (tytułach), konieczny opis kolumn i wierszy tabel. Dla każdego podsumowania podane miary jakości oraz miara jakości podsumowania optymalnego. **Wzorów podsumowań ani miar nie należy przepisywać ani cytować, wystarczy podać literaturę, ale należy skomentować co oznaczają i jaką informacje niosą wybrane miary w wybranych przypadkach.**

Sekcja uzupełniona jako efekt zadania Tydzień 11 wg Harmonogramu Zajęć na WIKAMP KSR.

## 5 Wielopođmiotowe podsumowania lingwistyczne i ich miary jakości

Wyniki kolejnych eksperymentów wg punktów 2.-4. opisu projektu 2. Uzasadnienie i metoda podziału zbioru danych na rozłączne podmioty. Listy podsumowań wielopođmiotowych i tabele/rankingi podsumowań dla danych atrybutów obowiązkowe i dokładnie opisane w „captions” (tytułach), konieczny opis kolumn i wierszy tabel. **Wzorów podsumowań ani miar nie należy przepisywać ani cytować, wystarczy podać literaturę, ale należy skomentować co oznaczają i jaką informacje niosą wybrane miary w wybranych przypadkach.**Konieczne uwzględnienie wszystkich 4-ch form podsumowań wielopođmiotowych.

\*\* Możliwe sformułowanie zagadnienia wielopođmiotowego podsumowania optymalnego \*\*.

\*\* Ewentualne wyniki realizacji punktu „na ocenę 5.0” wg opisu Projektu 2. i ich porównanie do wyników z części obowiązkowej \*\*.

Sekcja uzupełniona jako efekt zadania Tydzień 12 wg Harmonogramu Zajęć na WIKAMP KSR.

## 6 Dyskusja, wnioski

Dokładne interpretacje uzyskanych wyników w zależności od parametrów klasyfikacji opisanych w punktach 3.-4 opisu Projektu 2. Szczególnie istotne są wnioski o charakterze uniwersalnym, istotne dla podobnych zadań. Omówić i wyjaśnić napotkane problemy (jeśli były). Każdy wniosek/problem powinien mieć poparcie w przeprowadzonych eksperymentach (odwołania do konkretnych wyników: tabel i miar jakości). Ocena które wybrane kwantyfikatory, summaryzatory, kwalifikatory i/lub ich miary jakości mają małe albo duże znaczenie dla

wiarygodności i jakości otrzymanych agregacji/podsumowań.

Dla końcowej oceny jest to najważniejsza sekcja sprawozdania, gdyż prezentuje poziom zrozumienia rozwiązywanego problemu.

\*\* Możliwości kontynuacji prac w obszarze logiki rozmytej i wnioskowania rozmytego, zwłaszcza w kontekście pracy inżynierskiej, magisterskiej, naukowej, itp. \*\*

**Sekcja uzupełniona jako efekt zadań Tydzień 11 i Tydzień 12 wg Harmonogramu Zajęć na WIKAMP KSR.**

## 7 Braki w realizacji projektu 2.

Wymienić wg opisu Projektu 2. wszystkie niezrealizowane obowiązkowe elementy projektu, ewentualnie podać merytoryczne (ale nie czasowe) przyczyny tych braków.

## Literatura

- [1] A. Niewiadomski, Zbiory rozmyte typu 2. Zastosowania w reprezentowaniu informacji. Seria „Problemy współczesnej informatyki” pod redakcją L. Rutkowskiego. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2019.
- [2] S. Zadrozny, Zapytania nieprecyzyjne i lingwistyczne podsumowania baz danych, EXIT, 2006, Warszawa
- [3] A. Niewiadomski, Methods for the Linguistic Summarization of Data: Applications of Fuzzy Sets and Their Extensions, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2008.
- [4] Marine Institute Monthly Model Means:  
<https://data.world/marineinstitute/b2348da6-873f-4ebb-a03c-5280ee2cf025>
- [5] Mechanizm falowania wód morskich Kryteria podziału i typy falowania morza

Literatura zawiera wyłącznie źródła recenzowane i/lub o potwierdzonej wiarygodności, możliwe do weryfikacji i cytowane w sprawozdaniu.