

Data oddania: \_\_\_\_\_

Ocena: \_\_\_\_\_

Julia Szymańska      224441  
Przemysław Zdrzałik    224466

## Projekt 2. Podsumowania lingwistyczne relacyjnych baz danych

### 1. Cel

Celem projektu jest stworzenie aplikacji pozwalającej na generowanie podsumowań lingwistycznych[1] w oparciu o kwantyfikatory rozmyte[2], co oznacza opisanie danych liczbowych ze zbioru danych[3] językiem quasi-naturalnym - pozornie naturalnym.

Przykładem podsumowania lingwistycznego[1] w formie

$$Q \ P \text{ jest } S \ [T] \quad (1)$$

jest: *Wiele wypadków jest przy ujemnej temperaturze  $[0, 76]$* , gdzie  $Q$  jest kwantyfikatorem lingwistycznym,  $P$  podmiotem podsumowań,  $S$  sumaryzatorem, a  $T[0, 1]$  stopniem prawdziwości.

Przykładem drugiego podsumowania lingwistycznego w formie:

$$Q \ P \text{ bedacych } W \text{ jest } S \ [T] \quad (2)$$

jest: *Wiele wypadków będących podczas deszczu, jest przy ujemnej temperaturze  $[0.68]$* , gdzie  $Q$  jest kwantyfikatorem lingwistycznym,  $P$  podmiotem podsumowań,  $S$  sumaryzatorem,  $W$  kwantyfikatorem reprezentującym dodatkowe własności obiektów, a  $T[0, 1]$  stopniem prawdziwości.

Analizowany zbiór danych zawiera liczbowe informacje o ponad 3 milionach wypadków samochodowych w 49 stanach Zjednoczonych Stanów Ameryki,

mających miejsce od lutego 2016 do grudnia 2020[3]. Zbiór danych składa się z 47 kolumn. W tym celu wykonania podsumowania lingwistycznego zostaną wykorzystane metody logiki rozmytej[4]. Logika rozmyta pozwala na opisanie wartości zapisanych językiem naturalnym za pomocą zrozumiałych określeń jak: mało, dużo, około połowy. W projekcie zostaną wykorzystane kwantyfikatory lingwistyczne względne takie jak: niewiele, około połowy oraz kwantyfikatory lingwistyczne absolutne takie jak: około jednego, około stu.

## 2. Charakterystyka podsumowywanej bazy danych

W programie został użyty zbiór danych[3] znajdujący się w pliku CSV, który został przekształcony w bazę danych.

Zbiór danych zawiera informacje o ponad 3 milionach wypadków samochodowych w 49 stanach Zjednoczonych Stanów Ameryki, mających miejsce od lutego 2016 do grudnia 2020. Spośród 47 kolumn znajdujących się w zbiorze danych, wybraliśmy następujące 11 kolumn:

- Czas rozpoczęcia - Start\_Time - czas rozpoczęcia się wypadku w lokalnej strefie czasowej, przyjmuje wartości od 8 lutego 2016, do 31 grudnia 2020. Wartość kolumny zostanie zamieniona na wartość całkowitą oznaczającą liczbę sekund od początku 1970 roku.
- Czas zakończenia - End\_Time - czas zakończenia się wypadku w lokalnej strefie czasowej, przyjmuje wartości od 8 lutego 2016, do 1 stycznia 2021. Wartość kolumny zostanie zamieniona na wartość całkowitą oznaczającą liczbę sekund od początku 1970 roku.
- Odległość - Distance - długość odcinka ulicy wyrażony w milach, na którego miał wpływ wypadek. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od 0 do 334, gdzie zdecydowana większość danych mieści się w przedziale od 0.00 do 4.00.
- Temperatura - Temperature - temperatura powietrza wyrażona w Fahrenheit'ach, w momencie, gdy zdarzył się wypadek. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od -16.00 do 104.00. Temperature można opisać jako bardzo zimną, zimną, umiarkowaną, ciepłą, bardzo ciepłą. Oczywiście jest to opis subiektywny.
- Temperatura odczuwalna - Wind\_Chill - temperatura odczuwalna wyrażona w Fahrenheit'ach, w momencie, gdy zdarzył się wypadek. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od -16.00 do 101.00. Temperaturę odczuwalną można opisać tak samo jak temperaturę.
- Wilgotność - Humidity - wilgotność powietrza wyrażona w procentach w momencie, gdy zdarzył się wypadek. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od 4.00 do 100.00.
- Ciśnienie - Pressure - ciśnienie powietrza wyrażone w inches, w momencie, gdy zdarzył się wypadek. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od 27.00 do 32.00. Ciśnienie można opisać jako wysokie, umiarkowane lub niskie.
- Widoczność - Visibility - widoczność wyrażona w milach, w momencie, gdy zdarzył się wypadek. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od 0.00 do 12.00. Widoczność można opisać jako dobrą, ograniczoną, słabą.

- Prędkość wiatru - Wind\_Speed - prędkość wiatru wyrażona w milach na godzinę, w momencie, gdy zdarzył się wypadek. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od 0.00 do 40.00. Wiatr można opisać jako słaby, umiarkowany, silny.
- Ilość opadów - Precipitation - ilość opadów wyrażona w inches, w momencie, gdy zdarzył się wypadek. Jeśli opady nie występowały to kolumna przyjmuje wartość nan. Przyjmuje wartości zmiennoprzecinkowe od 0.00 do 0.50.

Atrybutom nadawane są opisane zwyczajowe wartości lingwistyczne ze względu na zwiększenie przystępności i ułatwienie szybkiego zrozumienia atrybutu przez człowieka, kiedy ten atrybut nie musi być dokładnie opisany. Przykładowo temperatura, mimo że zrozumiała dla człowieka w postaci liczbowej, jest łatwiejsza do szybszego zrozumienia w postaci tekstowej, a dla ludzi nie ma dużego znaczenia czy temperatura różni się o 1 czy 2 stopnie, wystarczy opisać ją słownie tak jak wcześniej podaliśmy jako bardzo zimną, zimną, umiarkowaną, ciepłą, bardzo ciepłą.

accidents	
 <b>id</b>	bigint
 <b>severity</b>	smallint
 <b>start_time</b>	timestamp with time zone
 <b>end_time</b>	timestamp with time zone
 <b>distance</b>	double precision
 <b>temperature</b>	double precision
 <b>wind_chill</b>	double precision
 <b>humidity</b>	double precision
 <b>pressure</b>	double precision
 <b>visibility</b>	double precision
 <b>wind_speed</b>	double precision
 <b>precipitation</b>	double precision

Powered by yFiles

Rysunek 1. Tabela reprezentująca omawiane dane wykonana w DBMS PostgreSQL

### 3. Atrybuty i liczności obiektów wyrażone zmiennymi lingwistycznymi

Poniżej zostaną przedstawione zmienne lingwistyczne[2] dla jedenastu atrybutów z bazy danych wraz z przypisanymi etykietami w formie funkcji przynależności oraz wzorów analitycznych.

#### 3.1. Czas utrudnień w ruchu drogowym spowodowanych przez wypadek

Na podstawie znajdujących się w bazie danych pól Czas rozpoczęcia (Start.Time) oraz Czas zakończenia (End.Time) zostanie obliczony Czas utrudnień w ruchu drogowym (Duration) spowodowanych przez wypadek według wzoru:

$$Duration = End\_Time - Start\_Time \quad (3)$$

Przedstawienie Czasu utrudnień w ruchu drogowym (Duration) spowodowanych przez wypadek jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: krótki, średni, długi.

$$\mu_{czasTrwaniaPonizejGodziny}(x) = \begin{cases} \frac{1-x}{1} & \text{dla } 0 < x \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

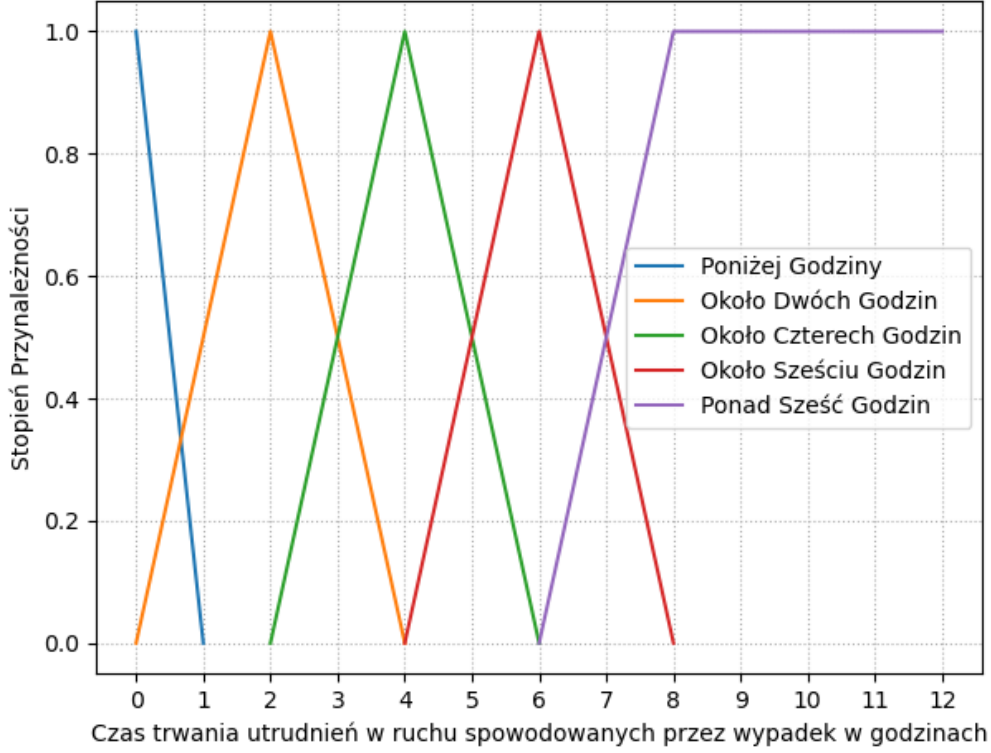
$$\mu_{czasTrwaniaOkoloDwochGodzin}(x) = \begin{cases} \frac{x}{2} & \text{dla } 0 < x \leq 2 \\ \frac{4-x}{2} & \text{dla } 2 < x \leq 4 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{czasTrwaniaOkoloCzterechGodzin}(x) = \begin{cases} \frac{x-2}{2} & \text{dla } 2 < x \leq 4 \\ \frac{6-x}{2} & \text{dla } 4 < x \leq 6 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{czasTrwaniaOkoloSzesciuGodzin}(x) = \begin{cases} \frac{x-4}{2} & \text{dla } 4 < x \leq 6 \\ \frac{8-x}{2} & \text{dla } 6 < x \leq 8 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{czasTrwaniaPonadSzescGodzin}(x) = \begin{cases} \frac{x-6}{2} & \text{dla } 6 < x \leq 8 \\ 1 & \text{dla } 8 \leq x \end{cases} \quad (8)$$

gdzie:  $\mu_{czasTrwaniaPonizejGodziny}$ ,  $\mu_{czasTrwaniaOkoloDwochGodzin}$ ,  $\mu_{czasTrwaniaOkoloCzterechGodzin}$ ,  $\mu_{czasTrwaniaOkoloSzesciuGodzin}$ ,  $\mu_{czasTrwaniaPonadSzescGodzin}$  - funkcje przynależności,  $x$  - czas trwania wypadku.



Rysunek 2. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej czas utrudnień w ruchu drogowym (Duration) spowodowanych przez wypadek.

### 3.2. Odległość

Przedstawienie odległości jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: krótki, długi.

$$\mu_{\text{OdlegloscPonizejPolMili}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 0.5 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{\text{OdlegloscOkoloJednejMili}}(x) = \begin{cases} x & \text{dla } 0 < x \leq 1 \\ 2 - x & \text{dla } 1 < x \leq 2 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{\text{OdlegloscOkoloTrzechMili}}(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{2} & \text{dla } 1 < x \leq 3 \\ \frac{5-x}{2} & \text{dla } 3 < x \leq 5 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{\text{OdlegloscPonadTrzyMile}}(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{2} & \text{dla } 3 < x \leq 5 \\ 1 & \text{dla } 5 \leq x \end{cases} \quad (12)$$

gdzie:  $\mu_{\text{OdlegloscPonizejPolMili}}$ ,  $\mu_{\text{OdlegloscOkoloJednejMili}}$ ,  $\mu_{\text{OdlegloscOkoloTrzechMili}}$ ,  $\mu_{\text{OdlegloscPonadTrzyMile}}$  - funkcje przynależności,  $x$  - odległość.



Rysunek 3. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej odległości.

### 3.3. Tempertura i temperatura odczuwalna

Przedstawienie temperatury oraz temperatury odczuwalnej jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: bardzo zimno, zimno, umiarkowanie, ciepło, bardzo ciepło.

$$\mu_{temperaturaBardzoZimno}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 14 \\ \frac{23-x}{9} & \text{dla } 14 < x \leq 23 \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu_{temperaturaZimno}(x) = \begin{cases} \frac{x-14}{9} & \text{dla } 14 < x \leq 23 \\ 1 & \text{dla } 23 < x < 44 \\ \frac{54-x}{10} & \text{dla } 44 < x \leq 54 \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{temperaturaUmiarkowanie}(x) = \begin{cases} \frac{x-44}{10} & \text{dla } 44 < x \leq 54 \\ 1 & \text{dla } 54 < x < 63 \\ \frac{71-x}{8} & \text{dla } 63 < x \leq 71 \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu_{temperaturaCieplo}(x) = \begin{cases} \frac{x-63}{8} & \text{dla } 63 < x \leq 71 \\ 1 & \text{dla } 71 < x < 80 \\ \frac{90-x}{10} & \text{dla } 80 < x \leq 90 \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{temperaturaBardzoCieplo}(x) = \begin{cases} \frac{x-80}{10} & \text{dla } 80 < x \leq 90 \\ 1 & \text{dla } 90 \leq x \end{cases} \quad (17)$$

gdzie:  $\mu_{temperaturaBardzoZimna}$ ,  $\mu_{temperaturaZimna}$ ,  $\mu_{temperaturaUmiarkowana}$ ,  $\mu_{temperaturaCiepła}$ ,  $\mu_{temperaturaBardzoCiepła}$  - funkcje przynależności,  $x$  - temperatura, temperatura odczuwalna.



Rysunek 4. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej temperatury.



### 3.4. Wilgotność

Przedstawienie wilgotności jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: suche, umiarkowane, wilgotne.

$$\mu_{wilgotnoscBardzoSuche}(x) = \exp\left(\frac{-(x-4)^2}{128}\right) \quad (18)$$

$$\mu_{wilgotnoscSuche}(x) = \exp\left(\frac{-(x-25)^2}{128}\right) \quad (19)$$

$$\mu_{wilgotnoscUmiarkowane}(x) = \exp\left(\frac{-(x-50)^2}{128}\right) \quad (20)$$

$$\mu_{wilgotnoscWilgotne}(x) = \exp\left(\frac{-(x-75)^2}{128}\right) \quad (21)$$

$$\mu_{wilgotnoscBardzoWilgotne}(x) = \begin{cases} \frac{x-60}{10} & \text{dla } 60 < x \leq 70 \\ 1 & \text{dla } 70 < x < 80 \\ \frac{90-x}{10} & \text{dla } 80 < x \leq 90 \end{cases} \quad (22)$$

gdzie:  $\mu_{wilgotnoscBardzoSuche}$ ,  $\mu_{wilgotnoscSuche}$ ,  $\mu_{wilgotnoscUmiarkowane}$ ,  $\mu_{wilgotnoscWilgotne}$ ,  $\mu_{wilgotnoscBardzoWilgotne}$  - funkcje przynależności,  $x$  - wilgotność.



Rysunek 5. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej wilgotności.

### 3.5. Ciśnienie

Przedstawienie ciśnienia jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: niskie, umiarkowane, wysokie.

$$\mu_{cisnienieBardzoNiskie}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 27)^2}{0.18}\right) \quad (23)$$

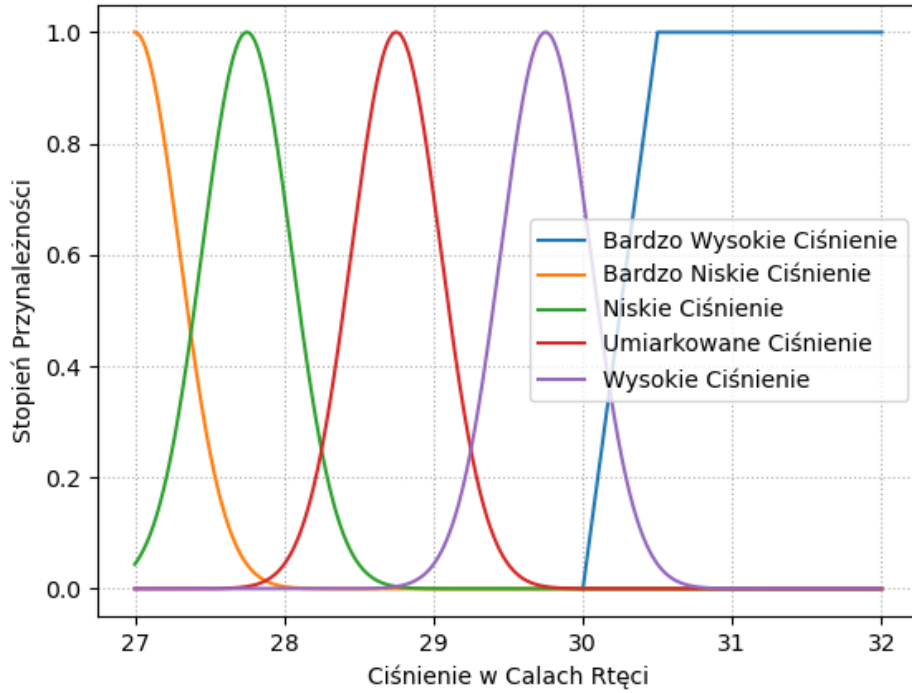
$$\mu_{cisnienieNiskie}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 27.75)^2}{0.18}\right) \quad (24)$$

$$\mu_{cisnienieUmiarkowane}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 28.75)^2}{0.18}\right) \quad (25)$$

$$\mu_{cisnienieWysokie}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 29.75)^2}{0.18}\right) \quad (26)$$

$$\mu_{cisnienieBardzoWysokie}(x) = \begin{cases} \frac{x-30}{0.5} & \text{dla } 30 < x \leq 30.5 \\ 1 & \text{dla } 30.5 \leq x \end{cases} \quad (27)$$

gdzie:  $\mu_{cisnienieBardzoNiskie}$ ,  $\mu_{cisnienieNiskie}$ ,  $\mu_{cisnienieUmiarkowane}$ ,  $\mu_{cisnienieWysokie}$ ,  $\mu_{cisnienieBardzoWysokie}$  - funkcje przynależności,  $x$  - ciśnienie.



Rysunek 6. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej ciśnienia.

### 3.6. Widoczność

Przedstawienie widoczności jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: brak, słaba, ograniczona, dobra.

$$\mu_{widocznoscBrak}(x) = 1 \quad \text{dla } x = 0 \quad (28)$$

$$\mu_{widocznoscSlaba}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 0.1 \\ \frac{0.1-x}{0.2} & \text{dla } 0.1 < x \leq 0.3 \end{cases} \quad (29)$$

$$\mu_{widocznoscOgraniczona}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.1}{0.2} & \text{dla } 0.1 < x \leq 0.3 \\ 1 & \text{dla } 0.3 < x < 0.7 \\ \frac{1-x}{0.3} & \text{dla } 0.7 < x \leq 1 \end{cases} \quad (30)$$

$$\mu_{widocznoscDobra}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.7}{0.3} & \text{dla } 0.7 < x \leq 1 \\ 1 & \text{dla } 1 < x < 2 \\ \frac{3-x}{1} & \text{dla } 2 < x \leq 3 \end{cases} \quad (31)$$

$$\mu_{widocznoscPelna}(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{1} & \text{dla } 2 < x \leq 3 \\ 1 & \text{dla } 3 \leq x \end{cases} \quad (32)$$

gdzie:  $\mu_{widocznoscBrak}$ ,  $\mu_{widocznoscSlaba}$ ,  $\mu_{widocznoscOgraniczona}$ ,  $\mu_{widocznoscDobra}$ ,  $\mu_{widocznoscPelna}$  - funkcje przynależności,  $x$  - widoczność.



Rysunek 7. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej widoczności.

### 3.7. Prędkość wiatru

Przedstawienie predkości wiatru jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: brak, słaby, umiarkowany, silny, wicher, huragan.

$$\mu_{wiatrBrak}(x) = 1 \quad dla \quad x = 0 \quad (33)$$

$$\mu_{wiatrSlaby}(x) = \begin{cases} 1 & dla \quad x \leq 3 \\ \frac{3-x}{0.5} & dla \quad 3 < x \leq 3.5 \end{cases} \quad (34)$$

$$\mu_{wiatrUmiarkowany}(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{0.5} & dla \quad 3 < x \leq 3.5 \\ 1 & dla \quad 3.5 < x < 8 \\ \frac{9-x}{1} & dla \quad 8 < x \leq 9 \end{cases} \quad (35)$$

$$\mu_{wiatrSilny}(x) = \begin{cases} \frac{x-8}{1} & dla \quad 8 < x \leq 9 \\ 1 & dla \quad 9 < x < 17 \\ \frac{20-x}{3} & dla \quad 17 < x \leq 20 \end{cases} \quad (36)$$

$$\mu_{wiatrWicher}(x) = \begin{cases} \frac{x-17}{3} & dla \quad 17 < x \leq 20 \\ 1 & dla \quad 20 < x < 27 \\ \frac{30-x}{3} & dla \quad 27 < x \leq 30 \end{cases} \quad (37)$$

$$\mu_{wiatrHuragan}(x) = \begin{cases} \frac{x-40}{10} & dla \quad 30 < x \leq 40 \\ 1 & dla \quad 40 \leq x \end{cases} \quad (38)$$

gdzie:  $\mu_{wiatrBrak}$ ,  $\mu_{wiatrSlaby}$ ,  $\mu_{wiatrUmiarkowany}$ ,  $\mu_{wiatrSilny}$ ,  $\mu_{wiatrWicher}$ ,  $\mu_{wiatrHuragan}$  - funkcje przynależności,  $x$  - prędkość wiatru.



Rysunek 8. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej prędkości wiatru.

### 3.8. Opady

Przedstawienie opadów jako zmiennej lingwistycznej. Do zmiennej lingwistycznej zostały dopasowane etykiety: brak, niewielkie, umiarkowane, duże.

$$\mu_{opadyBrak}(x) = 1 \quad \text{dla } x = 0 \quad (39)$$

$$\mu_{opadyNiewielkie}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \leq 0.1 \\ \frac{0.1-x}{0.1} & \text{dla } 0.1 < x \leq 0.2 \end{cases} \quad (40)$$

$$\mu_{opadyUmiarkowane}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.1}{0.1} & \text{dla } 0.1 < x \leq 0.2 \\ 1 & \text{dla } 0.2 < x < 0.3 \\ \frac{0.35-x}{0.05} & \text{dla } 0.3 < x \leq 0.35 \end{cases} \quad (41)$$

$$\mu_{opadyDuze}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.35}{0.05} & \text{dla } 0.3 < x \leq 0.35 \\ 1 & \text{dla } 0.35 < x < 0.4 \\ \frac{0.45-x}{0.05} & \text{dla } 0.4 < x \leq 0.45 \end{cases} \quad (42)$$

$$\mu_{opadyBardzoDuze}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.4}{0.05} & \text{dla } 0.4 < x \leq 0.45 \\ 1 & \text{dla } 0.45 \leq x \end{cases} \quad (43)$$

gdzie:  $\mu_{opadyBrak}$ ,  $\mu_{opadyNiewielkie}$ ,  $\mu_{opadyUmiarkowane}$ ,  $\mu_{opadyDuze}$ ,  $\mu_{opadyBardzoDuze}$  - funkcje przynależności,  $x$  - opady.



Rysunek 9. Wykres funkcji przynależności zbiorów rozmytych ilustrujących wartości zmiennej lingwistycznej opadów.

### 3.9. Kwantyfikator lingwistyczny względny

Do kwantyfikatora lingwistycznego względnego[2] zostały dopasowane etykiety: niewiele, około 1/4, około połowy, większość, prawie wszystkie.

$$\mu_{niewiele}(x) = \exp\left(\frac{-x^2}{0.02}\right) \quad (44)$$

$$\mu_{okoloJednejCzwartej}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 0.25)^2}{0.02}\right) \quad (45)$$

$$\mu_{okoloPolowy}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 0.5)^2}{0.02}\right) \quad (46)$$

$$\mu_{wiekszosc}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 0.75)^2}{0.02}\right) \quad (47)$$

$$\mu_{prawieWszystkie}(x) = \exp\left(\frac{-(x - 1)^2}{0.02}\right) \quad (48)$$

gdzie:  $\mu_{niewiele}$ ,  $\mu_{okoloJednejCzwartej}$ ,  $\mu_{okoloPolowy}$ ,  $\mu_{wiekszosc}$ ,  $\mu_{prawieWszystkie}$  - kwantyfikatory,  $x$  - stosunek liczby obiektów posiadających cechę do wszystkich rozważanych obiektów.



Rysunek 10. Wykres funkcji przynależności kwantyfikatorów lingwistycznych względnych.

### 3.10. Kwantyfikator lingwistyczny absolutny

Do kwantyfikatora lingwistycznego absolutnego[2] zostały dopasowane etykiety: poniżej 10, około 50, około 100, między 100 a 200, około 200, ponad 200.

$$\mu_{ponizej10}(x) = \begin{cases} \frac{10-x}{10} & \text{dla } 0 < x \leq 10 \end{cases} \quad (49)$$

$$\mu_{okolo10}(x) = \begin{cases} \frac{x}{10} & \text{dla } 0 < x \leq 10 \\ \frac{20-x}{10} & \text{dla } 10 < x \leq 20 \end{cases} \quad (50)$$

$$\mu_{okolo50}(x) = \begin{cases} \frac{x-10}{25} & \text{dla } 10 < x \leq 35 \\ 1 & \text{dla } 35 < x < 65 \\ \frac{90-x}{25} & \text{dla } 65 < x \leq 90 \end{cases} \quad (51)$$

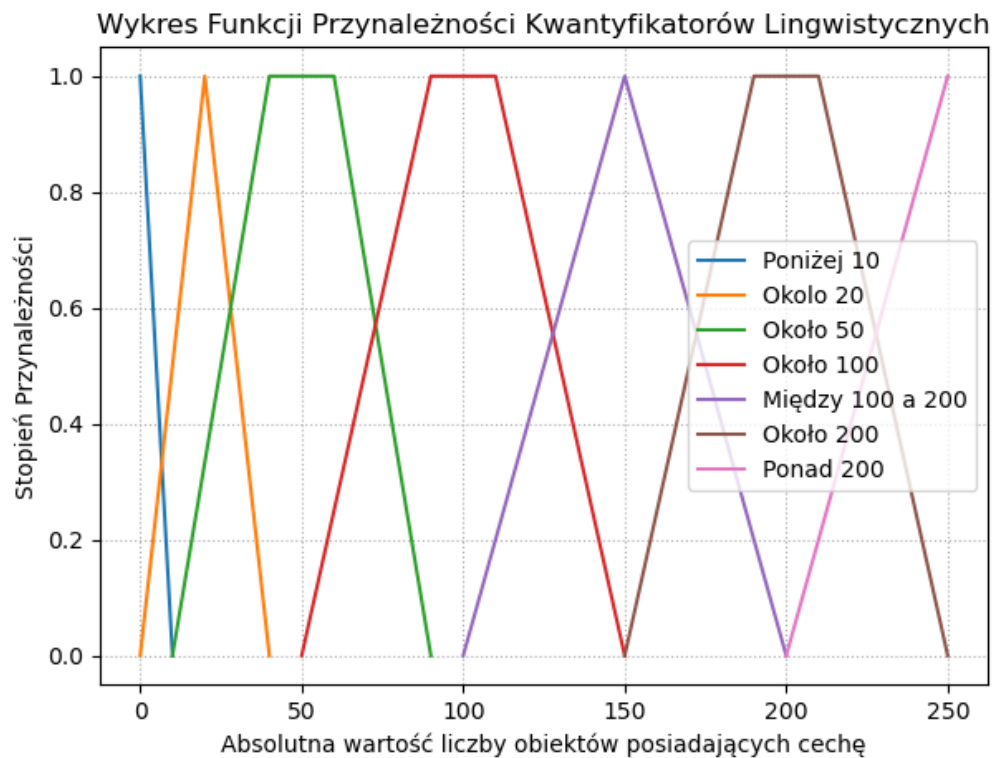
$$\mu_{okolo100}(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{40} & \text{dla } 50 < x \leq 90 \\ 1 & \text{dla } 90 < x < 110 \\ \frac{150-x}{50} & \text{dla } 110 < x \leq 150 \end{cases} \quad (52)$$

$$\mu_{miedzy100A200}(x) = \begin{cases} \frac{x}{50} & \text{dla } 100 < x \leq 150 \\ \frac{200-x}{50} & \text{dla } 150 < x \leq 200 \end{cases} \quad (53)$$

$$\mu_{okolo200}(x) = \begin{cases} \frac{x-150}{40} & \text{dla } 150 < x \leq 190 \\ 1 & \text{dla } 190 < x < 210 \\ \frac{250-x}{40} & \text{dla } 210 < x \leq 250 \end{cases} \quad (54)$$

$$\mu_{Ponad200}(x) = \begin{cases} \frac{x}{50} & \text{dla } 200 < x \leq 250 \\ 1 & \text{dla } 250 \leq x \end{cases} \quad (55)$$

gdzie:  $\mu_{ponizej10}$ ,  $\mu_{okolo10}$ ,  $\mu_{okolo50}$ ,  $\mu_{okolo100}$ ,  $\mu_{miedzy100A200}$ ,  $\mu_{okolo200}$ ,  $\mu_{Ponad200}$  - kwantyfikatory absolutne,  $x$  - absolutna wartość liczby obiektów posiadających cechę.

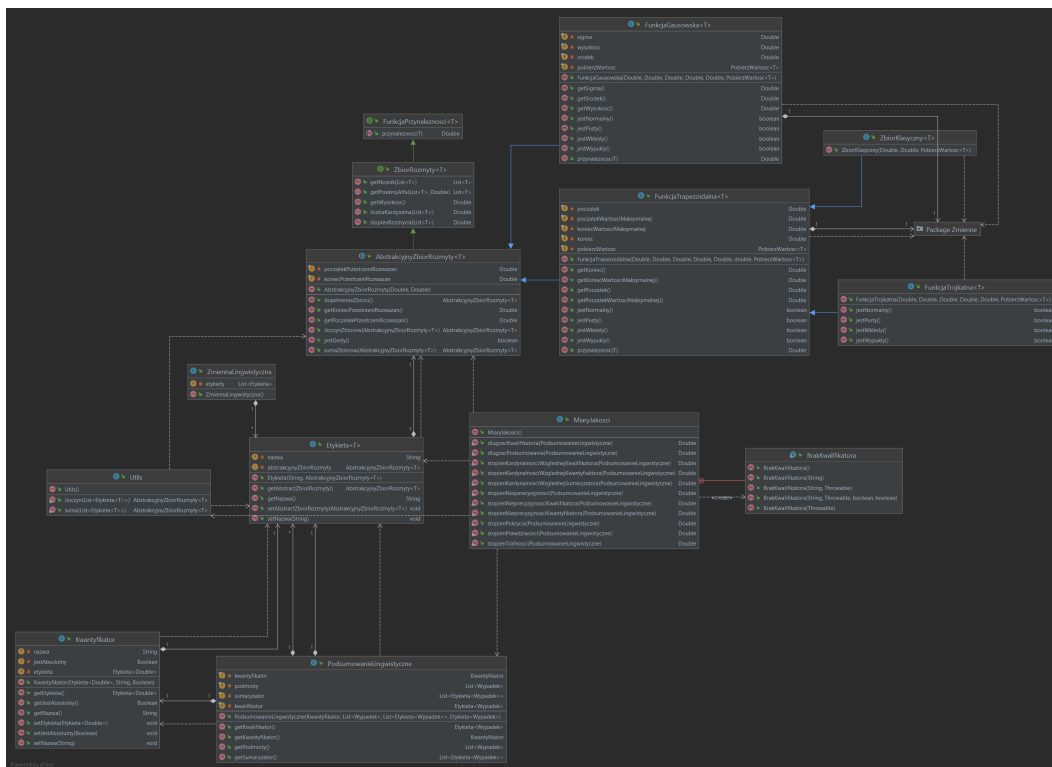


Rysunek 11. Wykres funkcji przynależności kwantyfikatorów lingwistycznych absolutnych.



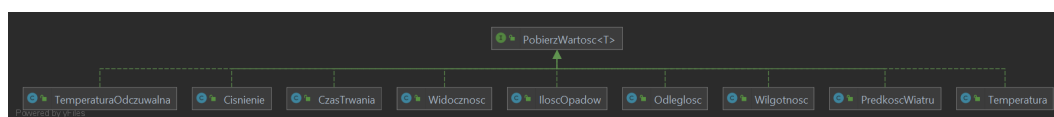
## 4. Narzędzia obliczeniowe: projekt (wybór, implementacja) i diagram UML pakietu obliczeń rozmytych

### 4.1. Diagram pakietu obliczeń rozmytych



Rysunek 12. Diagram uml pakietu obliczeń rozmytych.

Program został wykonany w języku Java 11 LTS z użyciem narzędzia Maven. W celu wykonania projektu stworzyliśmy własny pakiet obliczeń rozmytych - obliczeniaRozmyte. W pakiecie znajdują się klasy odpowiadające funkcjom przynależności. Klasa AbstrakcyjnyZbiorRozmyty jest abstrakcyjną klasą, z której dziedziczą klasy FunkcjaGaussowska oraz FunkcjaTrapezoidalna. Ta abstrakcyjna klasa zawiera pola odpowiadające początkowi oraz końcowi przestrzeni rozważań[4]. Posiada metody zwracające dopełnienie zbioru, iloczyn oraz sumę zbiorów, a także informację czy zbiór jest gęsty czy dyskretny. Klasa FunkcjaTrapezoidalna posiada pola dla wartości potrzebnych do wygenerowania funkcji przynależności takie jak: początek, koniec oraz początek i koniec przedziału, w którym funkcja przynależności przyjmuje wartość 1. Klasa FunkcjaGaussowska posiada pola dla wartości potrzebnych do wygenerowania funkcji przynależności takie jak: sigma, wysokość oraz środek. Klasa FunkcjaTrojkatna dziedziczy po klasie FunkcjaTrapezoidalna, gdzie początek i koniec przedziału, w którym funkcja przynależności przyjmuje wartość 1, są tą samą wartością. Klasa AbstractZbiorRozmyty implementuje interfejs ZbiorRozmyty zawierający metody pozwalające uzyskać wysokość zbioru[4], przerój alfa, nośnik, liczba kardynalna[4] oraz stopień rozmycia [10]. Gdzie funkcja zwracająca nośnik zwraca listę elementów, dla których wartość funkcji przynależności jest większa od zera. Funkcja zwracająca przerój alfa zwraca listę elementów, dla których wartość funkcji przynależności jest większa niż zadana w parametrze wartość. Interfejs ZbiorRozmyty dziedziczy interfejs FunkcjaPrzynaleznosci zawierający metodę przynaleznosc pozwalającą obliczyć wartość funkcji przynależności. Implementacje tej metody korzystają z pakietu Zmienne. Pakiet posiada klasę ZbiorKlasyczny reprezentującą klasyczne zbiory, klasa dziedziczy po klasie FunkcjaTrapezoidalna. W naszym programie zbiór klasyczny reprezentowany jest jako zbiór trapezoidalny, w którym funkcja przynależności przyjmuje wartości tylko 0 lub 1 (prostokąt). Klasa Etykieta zawiera w sobie nazwę etykiety oraz implementację abstrakcyjnej klasy AbstrakcyjnyZbiorRozmyty. W pakiecie posiadamy również klasę Klasyfikator, który posiada swoją nazwę, obiekt klasy Etykieta oraz pole boolean czy jest klasyfikatorem absolutnym. Klasa PodsumowanieLingwistyczne posiada obiekt klasy Klasyfikator, listę Wypadków jako podmioty, listę etykiet jako sumaryzatory oraz obiekt klasy Etykieta jako kwalifikator. Klasa Utils pozwala na policzenie iloczynu oraz sumy AbstrakcyjnychZbiorowRozmytych oraz zwraca AbstrakcyjnyZbiorRozmyty. Klasa MiaryJakosci zawiera 11 metod pozwalających na obliczenie danej miary jakości podsumowania lingwistycznego, niektóre z metod mogą rzucić wyjątek będący obiektem klasy BrakKwalifikatora.

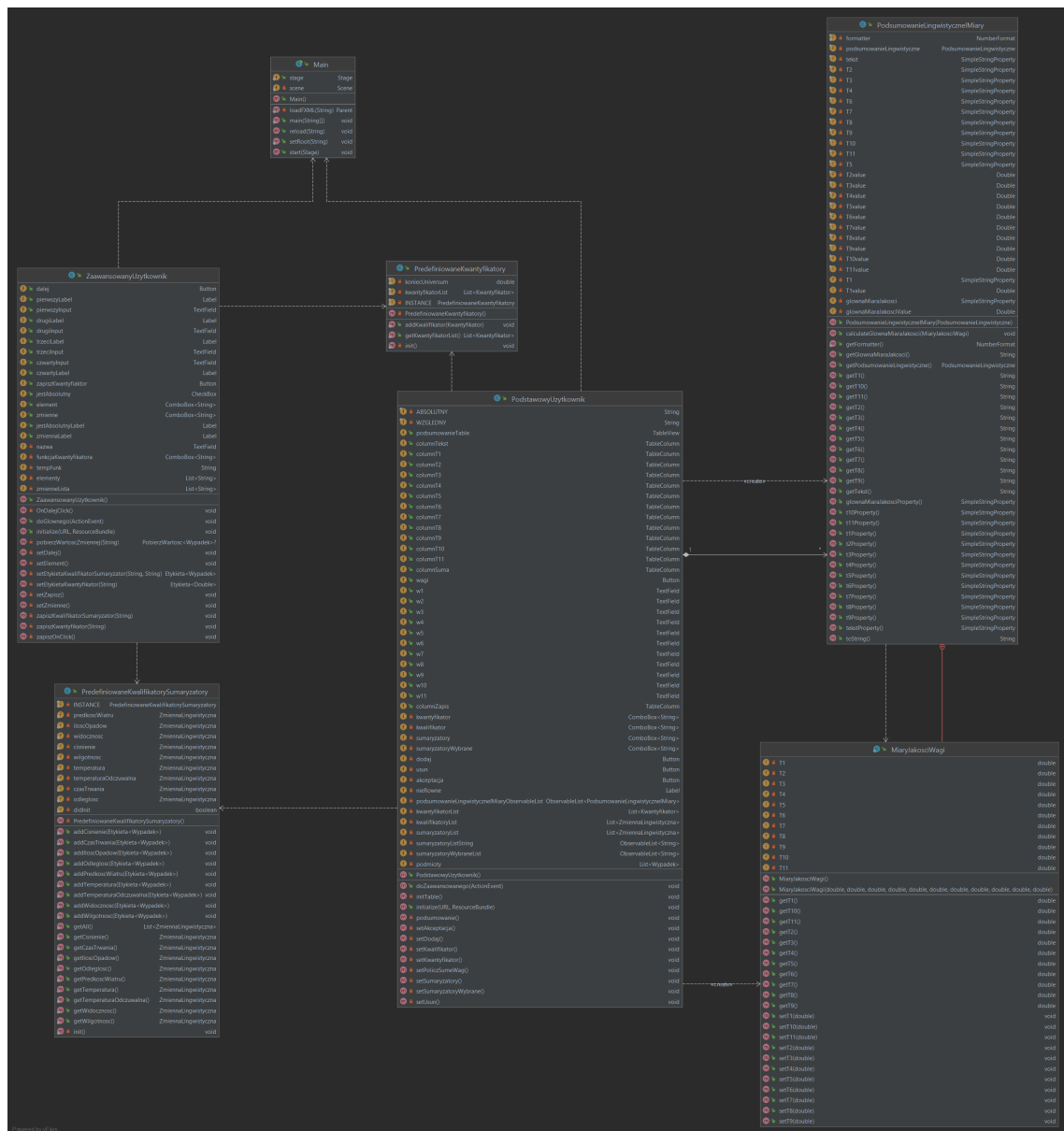


Rysunek 13. Diagram uml pakietu Zmienne.

W programie został zaimplementowany pakiet Zmienne posiadający in-

terfejs `PobierzWartosc`, który implementuje 9 klas reprezentujących analizowane pola z obiektu `Wypadek`.

#### 4.2. Diagram UML generatora podsumowań. Krótka instrukcja użytkownika



Rysunek 14. Diagram uml interfejsu użytkownika

W celu stworzenia GUI zostały stworzone dwa pakiety gui oraz predefiniowany. Jedną z dwóch klas znajdujących się w pakiecie predefiniowane jest klasa PredefiniowaneKwantyfikatory. Jest to klasa reprezentująca singleton, zawiera listę predefiniowanych kwantyfikatorów oraz metodę zwracającą wspomnianą listę. Posiada również metodę pozwalającą na dodanie kwantyfikatora do listy, która jest wykorzystywana, gdy użytkownik zaawansowany dodaje własny kwantyfikator. Drugą klasą w wymienionym pakiecie jest klasa PredefiniowaneKwalifikatorySumaryzatory, która również jest klasą reprezentującą singleton. Zawiera pola będące zmiennymi lingwistycznymi dla każdego z atrybutów wypadku, a także metody zwracające każdą ze zmiennych.

bądź wszystkie zmienne w liście. Klasa zawiera metody pozwalające na dodanie kwalifikatorów lub sumaryzatorów do listy, która jest wykorzystywana, gdy użytkownik zaawansowany dodaje własny kwalifikator lub sumaryzator. W pakiecie gui znajduje się klasa PodstawowyUzytkownik, która jest kontrolerem łączącym się z oknem wyświetlanym użytkownikowi. Znajdują się w niej pola reprezentujące elementy wyświetlane w interfejsie użytkownika oraz niezbędne listy zmiennych lingwistycznych bądź Stringów, zawierające elementy do wyświetlenia w interfejsie użytkownika. Klasa posiada również metody służące wybraniu wskazanych kwantyfikatorów, kwalifikatorów oraz sumaryzatorów w celu wykonania podsumowania lingwistycznego. Klasa zawiera metodę doZaawansowanego, która otwiera okno dla zaawansowanego użytkownika. Klasa, do generowania podsumowania lingwistycznego wykorzystuje klasę MiaryJakosciWagi oraz PodsumowanieLingwistyczneIMiary. Klasa MiaryJakosciWagi zawiera pola zawierające wartości wag dla poszczególnych miar jakości. Klasa PodsumowanieLingwistyczneIMiary zawiera metodę getGlownaMiaraJakosci zwracającą w postaci Stringa wartość głównej miary jakości na podstawie wag miar jakości oraz wartości miar jakości. W celu obliczenia głównej miary jakości konstruktor klasy wykorzystuje metodę calculateGlownaMiaraJakosci, która oblicza wspomnianą miarę. W pakiecie gui znajduje się również klasa ZaawansowanyUzytkownik, będąca kontrolerem, w której znajdują się pola dla każdego z elementów wyświetlanych w interfejsie użytkownika. Klasa pozwala na definiowanie własnych kwantyfikatorów, kwalifikatorów i sumaryzatorów. Metody setEtykietaKWantyfikator oraz setEtykietaKwalifikatorSumaryzator pozwalają na stworzenie obiektu Etykieta odpowiednio dla kwantyfiaktora, kwalifikatora lub sumaryzatora. Metody zapiszKWantyfiaktor oraz zapiszKwalifikatorSumaryzator pozwalają na zapis odpowiednio kwantyfiaktora, kwalifikatora lub sumaryzatora do listy dostępnych dla użytkownika kwantyfiaktorów, kwalifikatorów oraz sumaryzatorów. Klasa zawiera metodę doGlownego, która otwiera okno dla podstawowego użytkownika.

[illegible]

Rysunek 15. Przykład wyglądu interfejsu użytkownika

Diagram UML generatora podsumowań (warstwy obliczeniowej oraz interfejsu użytkownika). Krótki ilustrowany opis jak użytkownik może korzystać z aplikacji, w szczególności wprowadzać parametry podsumowań, odczytywać wyniki oraz definiować własne etykiety i kwantyfikatory. Wersja JRE i inne wymagania niezbędne do uruchomienia aplikacji przez użytkownika na własnym komputerze.

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

## 5. Jednopodmiotowe podsumowania lingwistyczne.

## Miary jakości, podsumowanie optymalne

Wyniki kolejnych eksperymentów wg punktów 2.-4. opisu projektu 2. Listy podsumowań jednopodmiotowych 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.

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

## 6. Wielopodmiotowe 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 wielopodmiotowych i tabele/rankingi podsumowań dla danych atrybutów obowiązkowe i dokładnie opisane w „captions” (tytułach), konieczny opis kolumn i wierszy tabel. Konieczne uwzględnienie wszystkich 4-ch form podsumowań wielopodmiotowych.

**\*\*** Możliwe sformułowanie zagadnienia wielopodmiotowego 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.**

## **7. 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, sumaryzatory, 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.**

## **8. 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] I. Superson, A. Niewiadomski, POZYSKIWANIE WIEDZY Z RELACYJNYCH BAZ DANYCH: WIELOPODMIOTOWE PODSUMOWANIA LINGWISTYCZNE, Politechnika Łódzka

- [2] A. Niewiadomski, Rozmyte metody inteligentnej interpretacji danych, tom 10, 2006, 546-547
- [3] 2021 Kaggle Inc [internetowa społeczność związana z analizą danych], US Accidents (3 million records – updated) A Countrywide Traffic Accident Dataset (2016 - 2020) [przeglądany 24 kwietnia 2021], Dostępny w: <https://www.kaggle.com/sobhanmoosavi/us-accidents> Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2008.
- [4] Zadeh L.A., A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages. Computers and Maths with Applications, nr 9, 1983, 149-183
- [5] A. Niewiadomski, Zbiory rozmyte typu 2. Zastosowania w reprezentowaniu informacji. Seria „Problemy współczesnej informatyki” pod redakcją L. Rutkowskiego. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2019.
- [6] S. Zadrozny, Zapytania nieprecyzyjne i lingwistyczne podsumowania baz danych, EXIT, 2006, Warszawa
- [7] A. Niewiadomski, Methods for the Linguistic Summarization of Data: Applications of Fuzzy Sets and Their Extensions, Akademicka
- [8] Zadeh, L. A.: 1965, ‘Fuzzy sets’. Inf. and Control 8, 338–353.
- [9] dr inż. Anna Bryniarska, Podstawy teorii systemów rozmytych z zadaniami, Dostępny w: [https://a.bryniarska.po.opole.pl/images/nsi/skrypt\\_r2\\_28listopada.pdf](https://a.bryniarska.po.opole.pl/images/nsi/skrypt_r2_28listopada.pdf),
- [10] Niewiadomski, Adam. Zbiory rozmyte typu 2. Zastosowania w reprezentacji informacji. Red. . : Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT Andrzej Lang, 2019, 195 s. ISBN 978-83-7837-595-1

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