

Data oddania: _____

Ocena: _____

Rafał Komorowski 236563
Kamil Presler 236629

Projekt 2. Podsumowania lingwistyczne relacyjnych baz danych

1. Cel

Celem zadania jest dokonanie lingwistycznej agregacji zawartości bazy danych, a następnie wygenerowanie lingwistycznych podsumowań baz danych [1]. Jako zbiór danych wykorzystano „Earthquake Data 2010-2023” [2], opisujący trzęsienia ziemi wykryte w latach 2010 – 2023, ograniczony jedynie do lat 2022-2023 i rekordów zawierających kompletne informacje o dwóch typach trzęsień ziemi – lokalnych trzęsieniach ziemi oraz tych o krótkim okresie. Rekord zawiera 22 atrybuty, spośród których wybrano 11 liczbowych atrybutów i na ich podstawie utworzono zmienne lingwistyczne.

Przykład:

Na podstawie atrybutu *latitude* opisującego szerokość geograficzną epicentrum trzęsienia ziemi utworzono zmienną lingwistyczną *Climate Zone*.

Dodatkowo wybrano atrybut *magtype*, opisujący typ zarejestrowanego trzęsienia ziemi w celu wygenerowania podsumowań wielopodmiotowych. Następnie wygenerowane zostaną jednopodmiotowe i wielopodmiotowe podsumowania zbioru danych opisujące jego zawartość w języku angielskim.

Przykład:

Podsumowanie jednopodmiotowe: „Above 6000 earthquakes have group of continents: Asia. [0.54]”

Podsumowanie wielopodmiotowe: „More local earthquakes than short-period earthquakes have group of continents: Asia. [0.38]”

Taki opis informacji dotyczących trzęsień ziemi, pozwoli użytkownikom żyjącym w miejscach zagrożonych trzęsieniami ziemi w sposób zrozumiały dowiedzieć się istotnych szczegółów na temat tego zjawiska. Podsumowania będą także przydatne dla badaczy zajmujących się tematyką trzęsień ziemi i fal sejsmicznych, formułując płynące z analizy danych wnioski i ułatwiając komunikację ze społeczeństwem. Osobna analiza lokalnych trzęsień ziemi oraz tych krótkotrwałych, pozwoli sprawdzić jak wielkie ryzyko wystąpienia trzęsienia ziemi jest w danej sytuacji, a także, czy istnieje szansa na wcześniejsze przewidzenie zjawiska.

2. Baza danych, zmienne lingwistyczne, kwantyfikatory lingwistyczne

2.1. Charakterystyka podsumowywanej bazy danych

W zadaniu wykorzystano zbiór danych opisujący trzęsienia ziemi w latach 2010 - 2023 (do 1.05.2023). Zbiór danych zawierał początkowo ponad 243 000 rekordów, a każdy z rekordów zawierał 22 atrybuty. Niewszystkie z nich zawierały jednak pełne dane.

W celu ograniczenia zbioru danych, wybrano jedynie trzęsienia ziemi z lat 2022-2023 i tylko te, które nie zawierały pustych atrybutów, a także dotyczyły trzęsień ziemi o krótkim okresie oraz lokalnych. Ostatecznie do bazy danych wczytano zbiór, składający się z 13953 rekordów [4]. Do zarządzania bazą danych wybrano system zarządzania PostgreSQL [5].

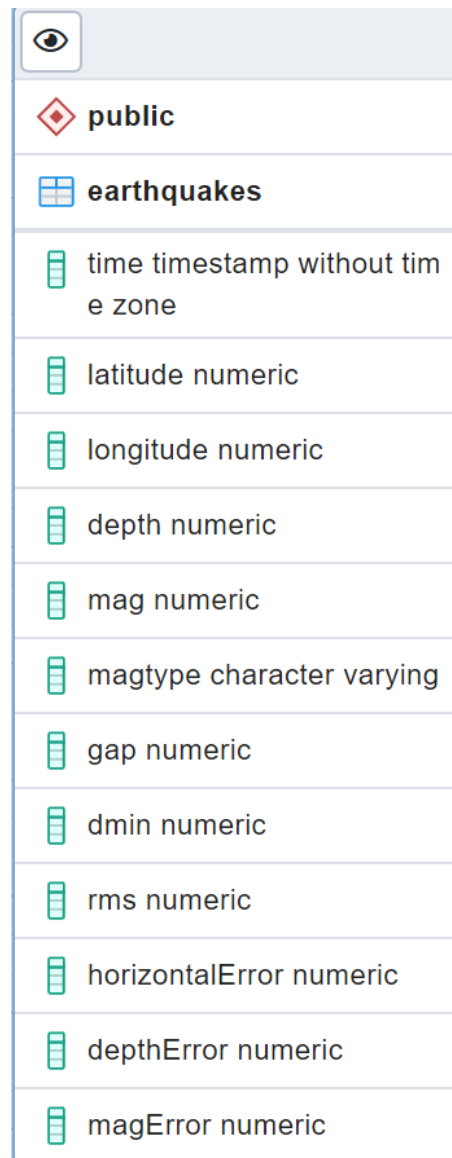
	time	latitude	longitude	depth	mag	magtype	gap	dmin	rms	horizontalError	depthError	magError
	timestamp without time zone	numeric	numeric	numeric	numeric	character varying	numeric	numeric	numeric	numeric	numeric	numeric
1	2022-01-01 07:10:00	35.8995	-120.441	5.65	3.29	ml	53	0.01418	0.1	0.14	0.16	0.164
2	2022-01-02 06:52:00	19.2021	-67.2806	58	3.64	md	237	0.7539	0.83	5.62	14.12	0.06
3	2022-01-02 22:08:00	32.2869873	-101.775200	8.16788737	3.2	ml	57	0.026106934	0.2	0.9872861148	0.6869995106	0.2
4	2022-01-03 01:31:00	31.65650967	-104.300282	6.851391602	3.2	ml	59	0.033741766	0.3	0.9168648168	0.9207181345	0.1
5	2022-01-03 03:34:00	35.284	-119.390666	17.73	3.92	ml	56	0.05348	0.31	0.28	0.68	0.13
6	2022-01-03 07:30:00	31.65466829	-104.300805	7.211303711	3.6	ml	59	0.034997496	0.3	0.9660294209	0.8760813785	0.2
7	2022-01-03 10:08:00	31.65191394	-104.300245	7.314135742	3.5	ml	59	0.036014547	0.3	0.9900382615	0.8500864881	0.1
8	2022-01-03 10:28:00	31.66108063	-104.304624	8.136791992	3.1	ml	59	0.035469012	0.3	1.015938998	0.9798964137	0.2
9	2022-01-03 13:24:00	31.62060196	-104.015389	7.416967772	3.2	ml	68	0.053997868	0.1	0.7014204544	0.7651840321	0.2

Rysunek 1. Przykładowe rekordy bazy danych

Każdy rekord zawierał początkowo 22 atrybuty, spośród których do rozmycia możliwe było 12. Spośród możliwych do rozmycia atrybutów nie został uwzględniony atrybut *updated*, informujący o czasie ostatniej aktualizacji wpisu do bazy danych, z uwagi na niską przydatność w procesie badań trzęsień ziemi. Atrybuty które zostały poddane rozmyciu to [6]:

1. *time* – czas wykrycia trzęsienia ziemi (w formacie ISO 8601 [3])
2. *latitude* – szerokość geograficzna epicentrum trzęsienia ziemi (w stopniach)
3. *longitude* – długość geograficzna epicentrum trzęsienia ziemi (w stopniach)
4. *depth* – głębokość, na której doszło do trzęsienia ziemi (w stopniach)

5. *mag* – siła trzęsienia ziemi (w skali Richtera [16])
 6. *gap* – największa przestrzeń azymutalna między sąsiednimi stacjami (w stopniach)
 7. *dmin* – najmniejsza odległość między stacją a epicentrum trzęsienia ziemi (w stopniach)
 8. *rms* – średnia kwadratowa reszty czasu rozwiązania lokalizacji trzęsienia ziemi (w sekundach)
 9. *horizontalError* – błąd pomiaru lokalizacji trzęsienia ziemi (w kilometrach)
 10. *depthError* – błąd pomiaru głębokości pochodzenia trzęsienia ziemi (w kilometrach)
 11. *magError* – błąd określenia siły trzęsienia ziemi
- Dodatkowo w bazie danych uwzględniono atrybut *magtype* informujący o typie aktywności sejsmicznej.



Rysunek 2. Diagram związków encji

2.2. Zmienne lingwistyczne (atrybuty/własności obiektów)

2.2.1. Pora dnia: *Part of a day*

Zmienna lingwistyczna *Part of a day* określa porę dnia, w której doszło do trzęsienia ziemi. Jest to pora dnia w standardzie czasowym *UTC* [7]. Opiera się na atrybucie *time* (1) i opisuje uniwersalny czas, w którym wykryto trzęsienie ziemi. Przestrzeń rozważań $X = [00 : 00 : 00, 24 : 00 : 00]$ Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Part of a day* [8]:

$$H(\textit{Part of a day}) = \{\textit{Night}, \textit{Morning}, \textit{Midday}, \textit{Afternoon}, \textit{Evening}\}$$

W celu zdefiniowania funkcji przynależności przekształcamy godzinę na minuty jakie upłynęły od północy.

Przykład:

$$t = 02 : 10 : 31$$

$$\textit{minutes}(t) = 130$$

Ostatecznie funkcje przynależności mają postać:

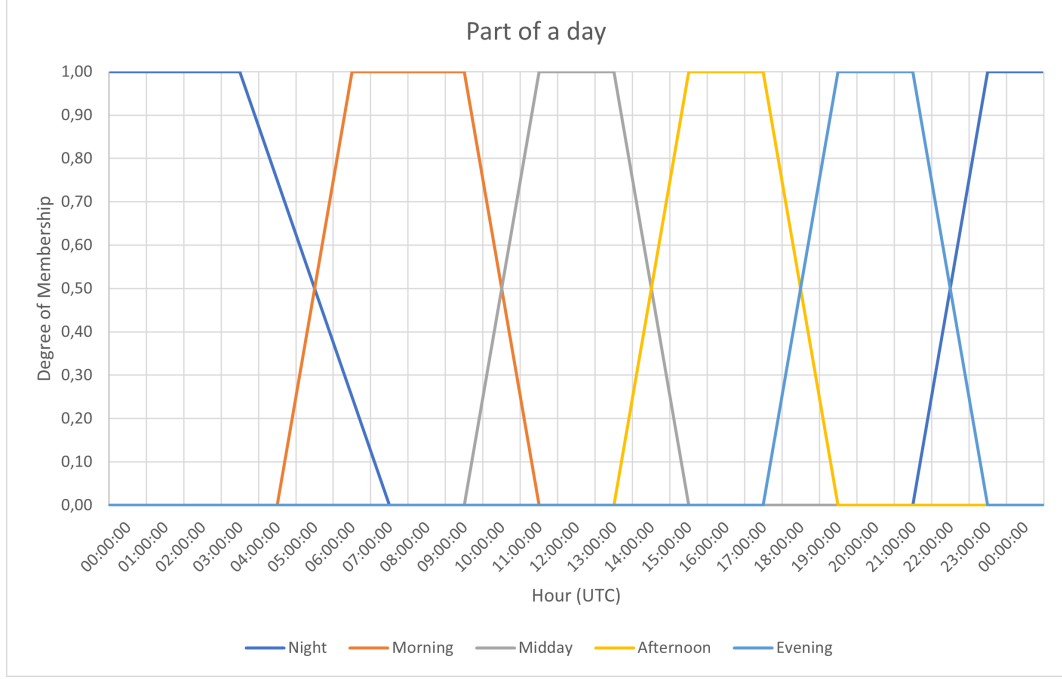
$$\mu_{\textit{night}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [23 : 00 : 00, 03 : 00 : 00] \\ \frac{-\textit{minutes}(x)}{240} + \frac{21}{12} & \text{dla } x \in [03 : 00 : 00, 07 : 00 : 00] \\ \frac{\textit{minutes}(x)}{120} - \frac{21}{2} & \text{dla } x \in [21 : 00 : 00, 23 : 00 : 00] \end{cases} \quad (2.1)$$

$$\mu_{\textit{morning}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [06 : 00 : 00, 09 : 00 : 00] \\ \frac{\textit{minutes}(x)}{120} - 2 & \text{dla } x \in [04 : 00 : 00, 06 : 00 : 00] \\ \frac{-\textit{minutes}(x)}{120} + \frac{11}{2} & \text{dla } x \in [09 : 00 : 00, 11 : 00 : 00] \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\mu_{\textit{midday}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [11 : 00 : 00, 13 : 00 : 00] \\ \frac{\textit{minutes}(x)}{120} - \frac{9}{2} & \text{dla } x \in [09 : 00 : 00, 11 : 00 : 00] \\ \frac{-\textit{minutes}(x)}{120} + \frac{15}{2} & \text{dla } x \in [13 : 00 : 00, 15 : 00 : 00] \end{cases} \quad (2.3)$$

$$\mu_{\textit{afternoon}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [15 : 00 : 00, 17 : 00 : 00] \\ \frac{\textit{minutes}(x)}{120} - \frac{13}{2} & \text{dla } x \in [13 : 00 : 00, 15 : 00 : 00] \\ \frac{-\textit{minutes}(x)}{120} + \frac{19}{2} & \text{dla } x \in [17 : 00 : 00, 19 : 00 : 00] \end{cases} \quad (2.4)$$

$$\mu_{\textit{evening}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [19 : 00 : 00, 21 : 00 : 00] \\ \frac{\textit{minutes}(x)}{120} - \frac{17}{2} & \text{dla } x \in [17 : 00 : 00, 19 : 00 : 00] \\ \frac{-\textit{minutes}(x)}{120} + \frac{23}{2} & \text{dla } x \in [21 : 00 : 00, 23 : 00 : 00] \end{cases} \quad (2.5)$$



Rysunek 3. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Part of a day*

2.2.2. Strefa klimatyczna na której wystąpiło trzęsienie ziemi: *Climate Zone*

Zmienna lingwistyczna *Climate Zone* dotyczy szerokości geograficznej na której doszło do trzęsienia ziemi. Jest oparta na atrybucie *latitude* (2), którego wartości wyrażone są w stopniach.

Przestrzeń rozważań $X = [-90^\circ, 90^\circ]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Climate Zone* [20]:

$$H(\text{Climate Zone}) = \{\text{Polar zone}, \text{Temperate zone}, \text{Subtropical zone}, \text{Tropical zone}\}$$

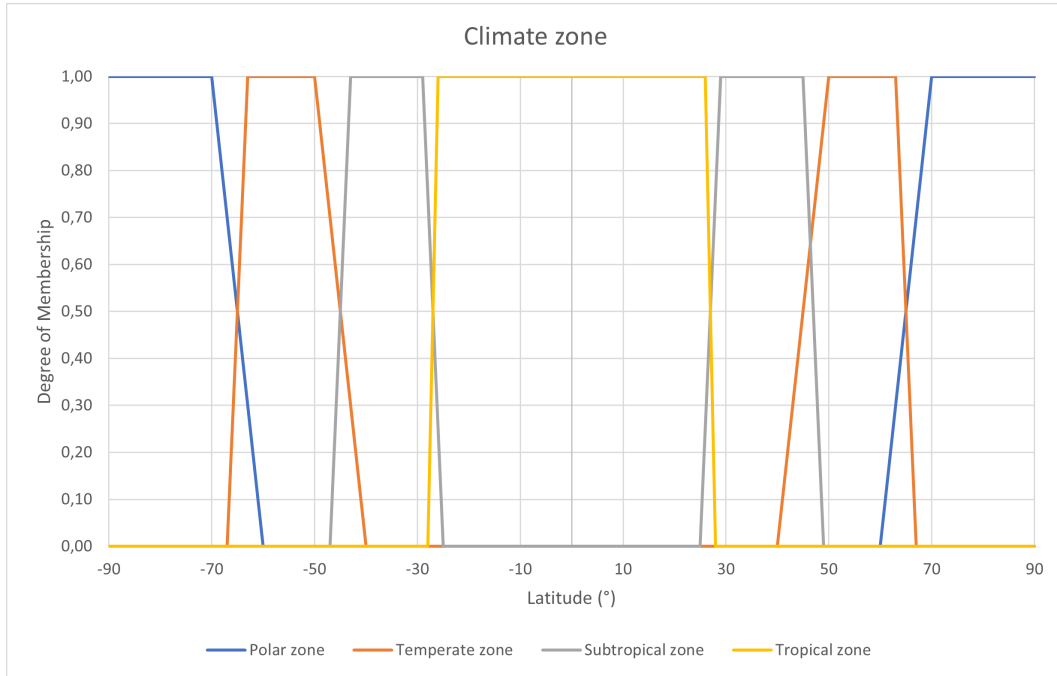
Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Climate Zone*:

$$\mu_{\text{polarzone}}(x) = \begin{cases} \frac{-x^2}{900} - \frac{x}{5} - 8 & \text{dla } x \in [-90^\circ, -60^\circ] \\ \frac{-x^2}{900} + \frac{x}{5} - 8 & \text{dla } x \in [60^\circ, 90^\circ] \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\mu_{\text{temperatezone}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [-60^\circ, -50^\circ] \cup [50^\circ, 60^\circ] \\ \frac{x}{5} + 13 & \text{dla } x \in [-65^\circ, -60^\circ] \\ \frac{-x}{12} - \frac{19}{6} & \text{dla } x \in [-50^\circ, -38^\circ] \\ \frac{x}{12} - \frac{19}{6} & \text{dla } x \in [38^\circ, 50^\circ] \\ \frac{-x}{5} + 13 & \text{dla } x \in [60^\circ, 65^\circ] \end{cases} \quad (2.7)$$

$$\mu_{subtropicalzone}(x) = \begin{cases} 1 & dla x \in [-40^\circ, -27^\circ] \\ \frac{x}{5} + 9 & dla x \in [-45^\circ, -40^\circ] \\ \frac{-x}{4} - 5\frac{3}{4} & dla x \in [-27^\circ, -23^\circ] \\ \frac{x}{4} - 5\frac{3}{4} & dla x \in [23^\circ, 27^\circ] \\ \frac{-x}{5} + 9 & dla x \in [40^\circ, 45^\circ] \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\mu_{tropicalzone}(x) = \begin{cases} 1 & dla x \in [-18^\circ, 18^\circ] \\ \frac{x}{6} + 4 & dla x \in [-24^\circ, -18^\circ] \\ \frac{-x}{6} + 4 & dla x \in [18^\circ, 24^\circ] \end{cases} \quad (2.9)$$



Rysunek 4. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Climate Zone*

2.2.3. Grupy kontynentów na których wystąpiło trzęsienie ziemi: *Group of continents*

Zmienna lingwistyczna *Groups of continent* opisuje na jakich kontynentach zebranych w grupy doszło do trzęsienia ziemi w zależności od długości geograficznej względem południka zerowego [9]. Jest oparta na atrybucie *longitude* (3), którego wartości są w stopniach.

Przestrzeń rozważań $X = [-180^\circ, 180^\circ]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Group of continents* [19]:

$$H(\text{Group of continents}) = \{\text{Oceania, America, Africa and Europe, Asia}\}$$

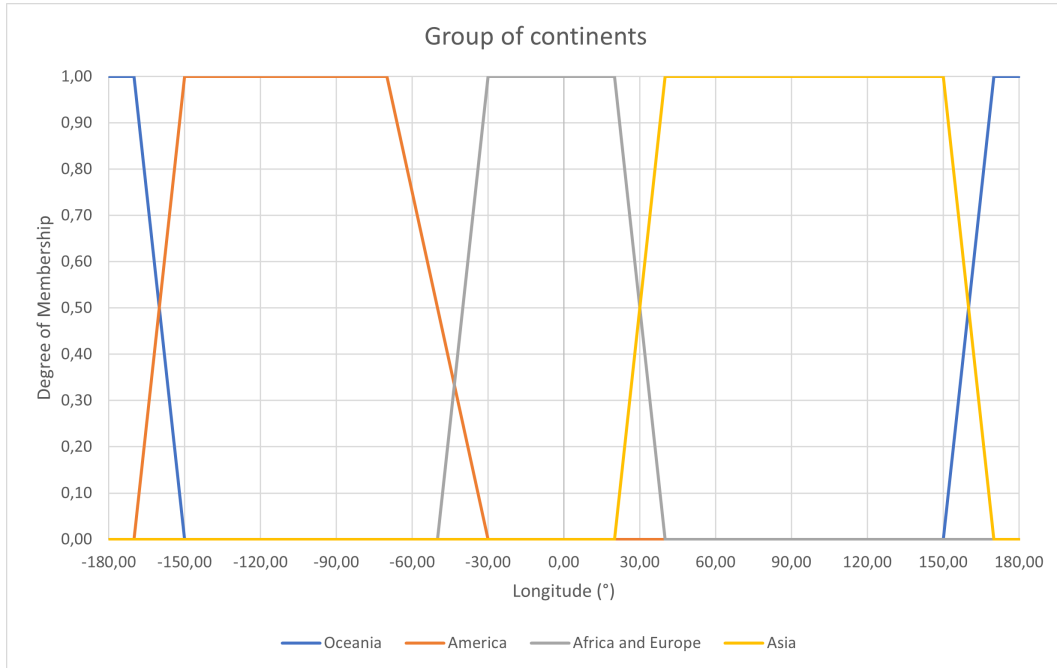
Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Group of continents*:

$$\mu_{oceania}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [-180^\circ, -170^\circ] \cup [170^\circ, 180^\circ] \\ \frac{-x}{20} - \frac{15}{2} & \text{dla } x \in [-170^\circ, -150^\circ] \\ \frac{x}{20} - \frac{15}{2} & \text{dla } x \in [150^\circ, 170^\circ] \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\mu_{america}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [-150^\circ, -70^\circ] \\ \frac{x}{20} + \frac{17}{2} & \text{dla } x \in [-170^\circ, -150^\circ] \\ \frac{-x}{40} - \frac{3}{4} & \text{dla } x \in [-70^\circ, -30^\circ] \end{cases} \quad (2.11)$$

$$\mu_{africaandeurope}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [-30^\circ, 20^\circ] \\ \frac{x}{20} + \frac{5}{2} & \text{dla } x \in [-50^\circ, -30^\circ] \\ \frac{-x}{20} + 2 & \text{dla } x \in [20^\circ, 40^\circ] \end{cases} \quad (2.12)$$

$$\mu_{asia}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [40^\circ, 150^\circ] \\ \frac{x}{20} - 1 & \text{dla } x \in [20^\circ, 40^\circ] \\ \frac{-x}{30} + \frac{17}{2} & \text{dla } x \in [150^\circ, 170^\circ] \end{cases} \quad (2.13)$$



Rysunek 5. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Group of continents*

2.2.4. Głębokość na której wystąpiło trzęsienie ziemi: *Depth of an earthquake*

Zmienna lingwistyczna *Depth of an earthquake* dotyczy głębokości na której zarejestrowano hipocentrum trzęsienia ziemi. Jest oparta na atrybucie *depth* (4), którego wartości są w kilometrach.

Przestrzeń rozważań $X = [-5, 700]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Depth of an earthquake* [14]:

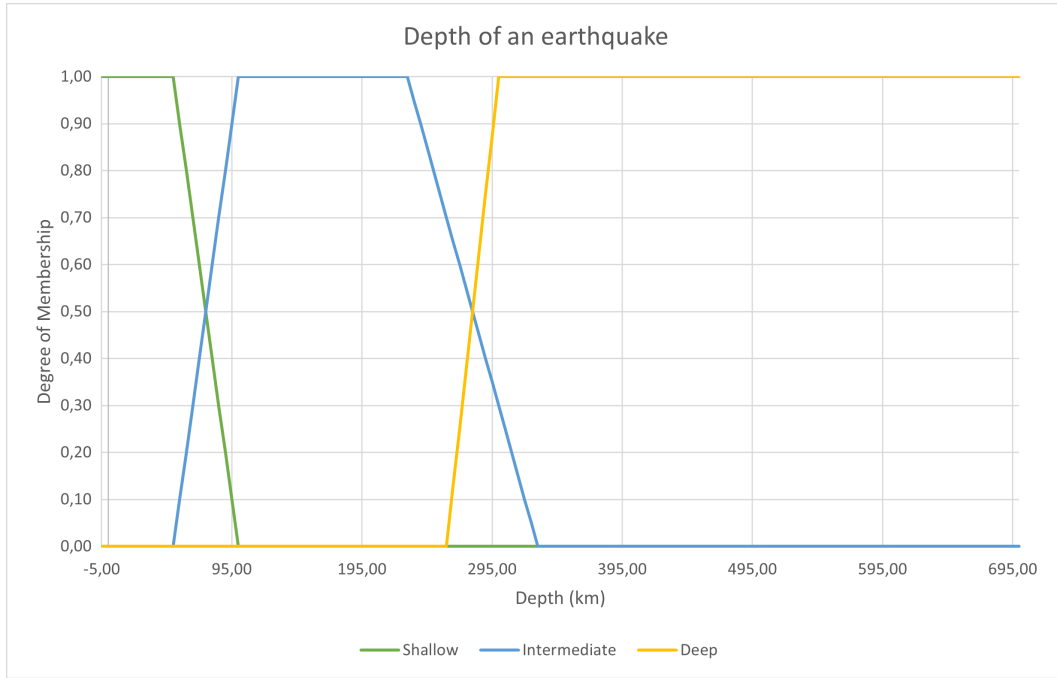
$$H(\text{Depth of an earthquake}) = \{\text{Shallow}, \text{Intermediate}, \text{Deep}\}$$

Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Depth of an earthquake*:

$$\mu_{\text{shallow}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [-5, 50] \\ \frac{-x}{50} + 2 & \text{dla } x \in [50, 100] \end{cases} \quad (2.14)$$

$$\mu_{\text{intermediate}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [100, 230] \\ \frac{x}{50} - 1 & \text{dla } x \in [50, 100] \\ \frac{-x}{100} + \frac{33}{10} & \text{dla } x \in [230, 330] \end{cases} \quad (2.15)$$

$$\mu_{\text{deep}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [300, 700] \\ \frac{x}{40} - \frac{13}{2} & \text{dla } x \in [260, 300] \end{cases} \quad (2.16)$$



Rysunek 6. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Depth of an earthquake*

2.2.5. Wielkość trzęsienia ziemi: *Earthquake's magnitude*

Zmienna lingwistyczna *Earthquake's magnitude* odnosi się do wielkości trzęsienia ziemi. Jest oparta na atrybucie *mag* (5), którego wartości są wyrażone w skali Richtera [16].

Skala Richtera mierzy siłę trzęsienia ziemi. Trzęsienia ziemi zgrupowane są względem skutków jakie niosą dla człowieka Przestrzeń rozważań $X = [1, 10]$ Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Earthquake's magnitude* [10]:

$$H(\text{Earthquake's magnitude}) = \{\text{Micro}, \text{Minor}, \text{Light}, \text{Moderate}, \text{Strong}, \text{Major}, \text{Great}\}$$

Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Earthquake's magnitude*:

$$\mu_{micro}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [1, 1.6] \\ \frac{-5x}{2} + 5 & dla\ x \in [1.6, 2] \end{cases} \quad (2.17)$$

$$\mu_{minor}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [2, 3] \\ \frac{5x}{2} - 4 & dla\ x \in [1.6, 2] \\ -x + 4 & dla\ x \in [3, 4] \end{cases} \quad (2.18)$$

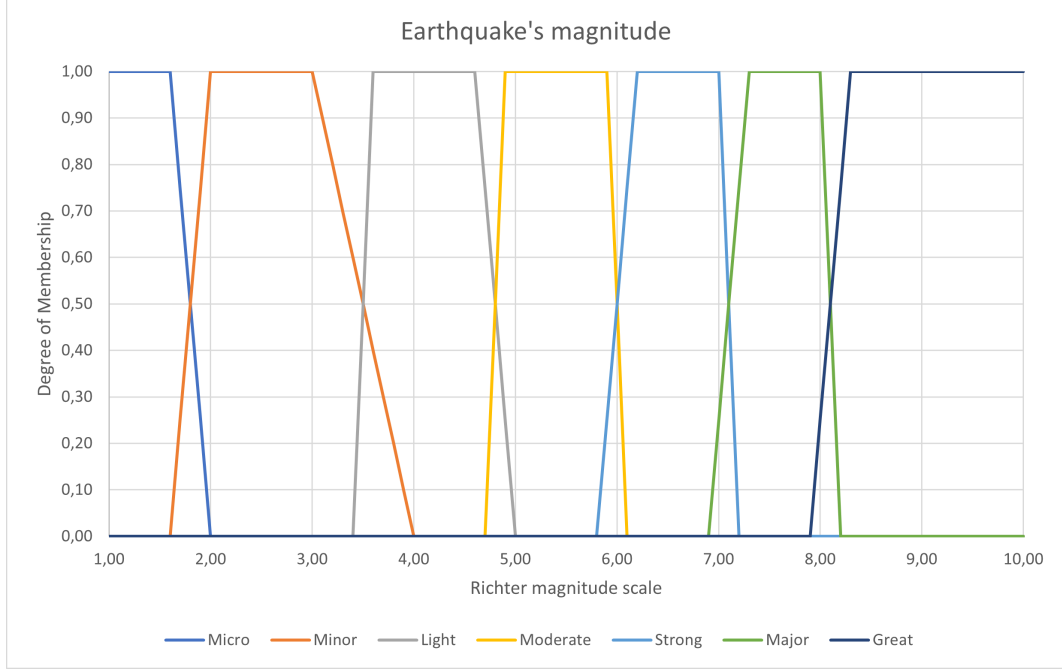
$$\mu_{light}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [3.6, 4.6] \\ 5x - 17 & dla\ x \in [3.4, 3.6] \\ \frac{-5x}{2} + \frac{25}{2} & dla\ x \in [4.6, 5] \end{cases} \quad (2.19)$$

$$\mu_{moderate}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [4.0, 5.9] \\ 5x - \frac{47}{2} & dla\ x \in [4.7, 4.9] \\ -5x + \frac{61}{2} & dla\ x \in [5.9, 6.1] \end{cases} \quad (2.20)$$

$$\mu_{strong}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [6.2, 7] \\ \frac{5x}{2} - \frac{29}{2} & dla\ x \in [5.7, 6.2] \\ -5x + 36 & dla\ x \in [7, 7.2] \end{cases} \quad (2.21)$$

$$\mu_{major}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [7.3, 8] \\ \frac{5x}{2} - \frac{69}{4} & dla\ x \in [6.9, 7.3] \\ -5x + 41 & dla\ x \in [8, 8.2] \end{cases} \quad (2.22)$$

$$\mu_{great}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [8.3, 10] \\ \frac{5x}{2} - \frac{79}{4} & dla\ x \in [7.9, 8.3] \end{cases} \quad (2.23)$$



Rysunek 7. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Earthquake's magnitude*

2.2.6. Jakość pokrycia: *Groups of quality*

Zmienna lingwistyczna *Groups of quality* określa przerwę azymutalną. Przerwa azymutalna jest parametrem sejsmologicznym, który mierzy największy kątowy dystans między stacjami sejsmologicznymi, które zarejestrowały dany trzęsienie ziemi. Jest wyrażana w stopniach i wskazuje, jak dobrze określone jest położenie epicentrum trzęsienia ziemi. Na podstawie parametru wyróżniamy 3 grupy jakości pokrycia od *A*, *B*, *C*, z których *A* oznacza najlepsze określenie epicentrum, a *C* najgorsze [11]. Jest oparta na atrybucie *gap* (6), którego wartości są stopniach.

Przestrzeń rozważań $X = [0^\circ, 360^\circ]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Groups of quality* [15]:

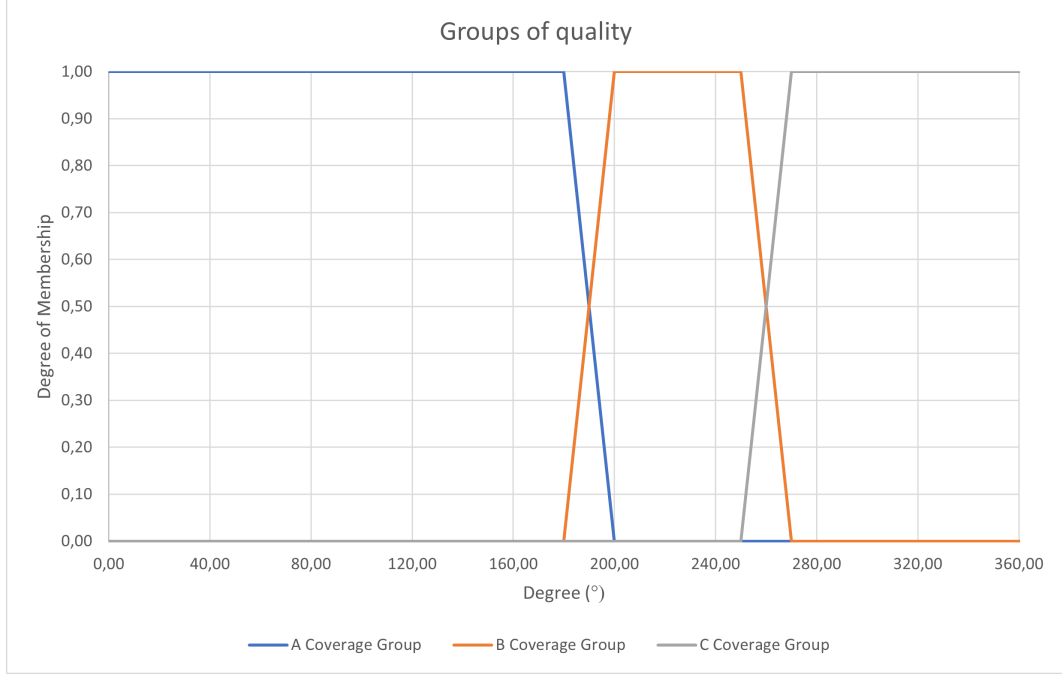
$$H(\text{Groups of quality}) = \{A \text{ Coverage Group}, B \text{ Coverage Group}, C \text{ Coverage Group}\}$$

Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Groups of quality*:

$$\mu_{A\text{coveragegroup}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [0, 180] \\ \frac{-x}{20} + 10 & \text{dla } x \in [180, 200] \end{cases} \quad (2.24)$$

$$\mu_{B\text{coveragegroup}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [200, 250] \\ \frac{x}{20} - 9 & \text{dla } x \in [180, 200] \\ \frac{-x}{20} + \frac{27}{2} & \text{dla } x \in [250, 270] \end{cases} \quad (2.25)$$

$$\mu_{C\text{coveragegroup}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [270, 360] \\ \frac{x}{20} - \frac{25}{2} & \text{dla } x \in [250, 270] \end{cases} \quad (2.26)$$



Rysunek 8. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Groups of quality*

2.2.7. Najmniejsza odległość : *Origin*

Zmienna lingwistyczna *Origin* opisuje odległość epicentrum trzęsienia ziemi od najbliższej do tego epicentrum stacji badawczej. Na podstawie wartości atrybutu *dmin* można obliczyć przez jakie warstwy skorupy ziemskiej przechodziło trzęsienie ziemi, a tym samym w której warstwie znajdowało się hipocentrum trzęsienia ziemi. Poszczególne etykiety opisują warstwy ziemi, z których trzęsienie ziemi pochodzi [18].

Jest oparta na atrybucie *gap* (7), i jest wyrażona w stopniach.

Przestrzeń rozważań $X = [0^\circ, 105^\circ]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Origin* [17]:

$$H(\text{Origin}) = \{Crust, Uppermantle, Transition\ zone, Lower\ mantle\}$$

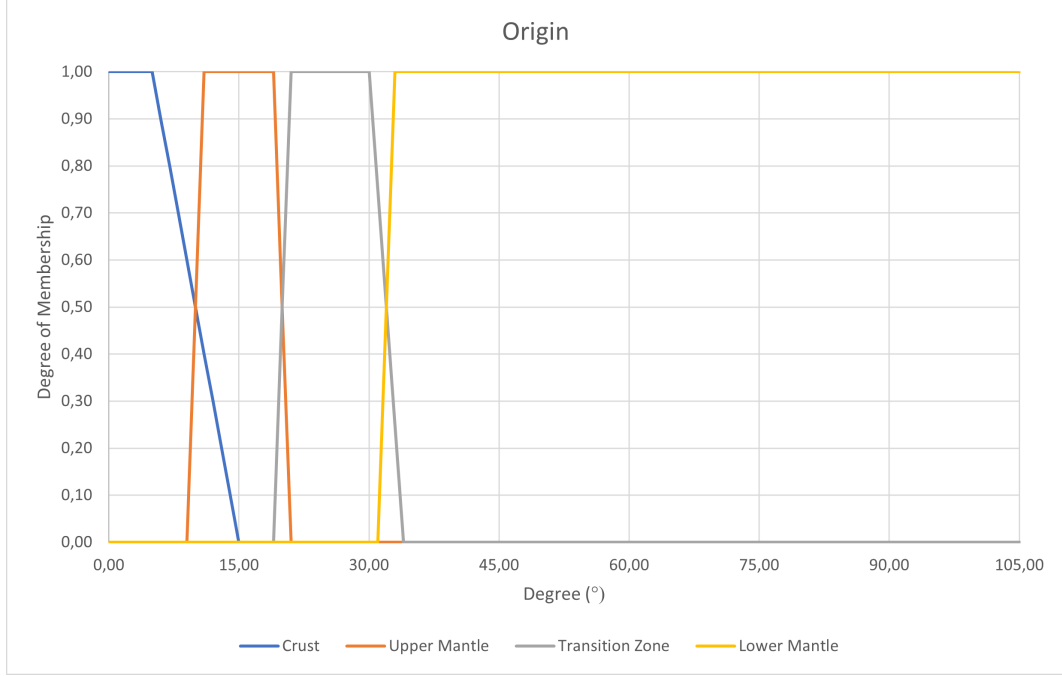
Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Origin*:

$$\mu_{crust}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [0^\circ, 5^\circ] \\ \frac{-x}{10} + \frac{3}{2} & \text{dla } x \in [5^\circ, 15^\circ] \end{cases} \quad (2.27)$$

$$\mu_{uppermantle}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [11^\circ, 19^\circ] \\ \frac{x}{2} - \frac{9}{2} & \text{dla } x \in [9^\circ, 11^\circ] \\ \frac{-x}{2} + \frac{21}{2} & \text{dla } x \in [19^\circ, 21^\circ] \end{cases} \quad (2.28)$$

$$\mu_{transitionzone}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [21^\circ, 30^\circ] \\ \frac{x}{2} - \frac{19}{2} & \text{dla } x \in [19^\circ, 21^\circ] \\ \frac{-x}{4} + \frac{17}{2} & \text{dla } x \in [30^\circ, 35^\circ] \end{cases} \quad (2.29)$$

$$\mu_{lowermantle}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [33^\circ, 105^\circ] \\ \frac{x}{2} - \frac{31}{2} & \text{dla } x \in [31^\circ, 33^\circ] \end{cases} \quad (2.30)$$



Rysunek 9. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Origin*

2.2.8. Średnia kwadratowa dopasowania czasów przybycia do przewidywań: Time Travel Residuals

Zmienna lingwistyczna *Time Travel Residuals* opisuje średnią kwadratową czasów przybycia w stosunku do przewidywań. Jest oparta na atrybucie *rms* (8).

Przestrzeń rozważań $X = [0s, 50s]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Time Travel Residuals*:

$$H(TimeTravelResiduals) = \{Low, Average, Large, Gross\}$$

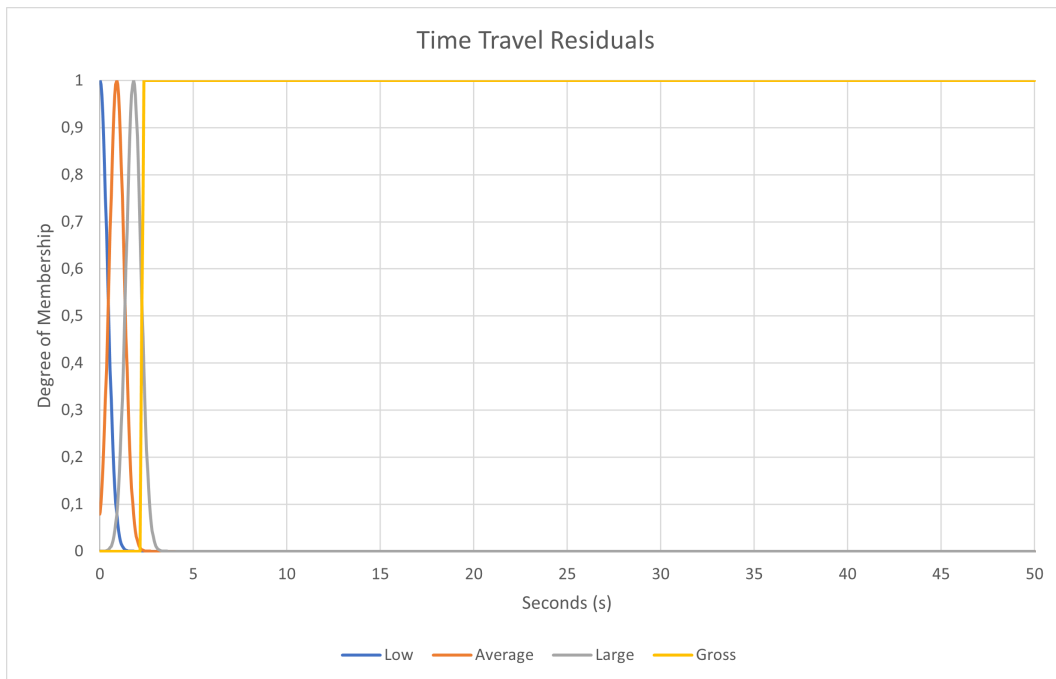
Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Time Travel Residuals*:

$$\mu_{low}(x) = \begin{cases} e^{\left(\frac{-x^2}{\pi-1}\right)} & \text{dla } x \in [0, 50.00] \end{cases} \quad (2.31)$$

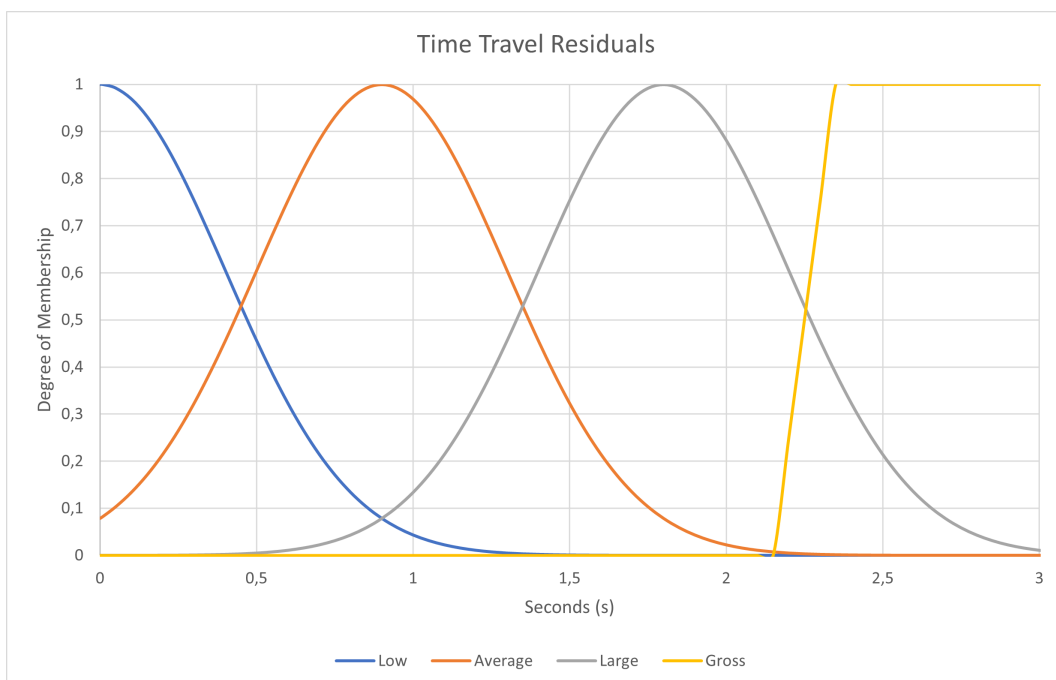
$$\mu_{average}(x) = \begin{cases} e^{\left(\frac{-(x-\frac{9}{10})^2}{\pi-1}\right)} & \text{dla } x \in [0, 50.00] \end{cases} \quad (2.32)$$

$$\mu_{large}(x) = \begin{cases} e^{\left(\frac{-(x-\frac{9}{5})^2}{\pi-1}\right)} & \text{dla } x \in [0, 50.00] \end{cases} \quad (2.33)$$

$$\mu_{gross}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [2.35, 50] \\ 5x - \frac{43}{4} & \text{dla } x \in [2.15, 2.35] \end{cases} \quad (2.34)$$



Rysunek 10. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Time Travel Residuals*



Rysunek 11. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Time Travel Residuals*, przybliżenie na funkcje przynależności

2.2.9. Błąd odległości horyzontalnej: *Horizontal error*

Zmienna lingwistyczna *Horizontal error* opisuje błąd pomiaru odległości horyzontalnej. Jest oparta na atrybucie *Horizontal error* (9) którego wartość wyrażona jest w kilometrach.

Przestrzeń rozważań $X = [0, 100]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Horizontal error*:

$$H(\text{Horizontal error}) = \{\text{Small}, \text{Normal}, \text{Significant}, \text{Critical}\}$$

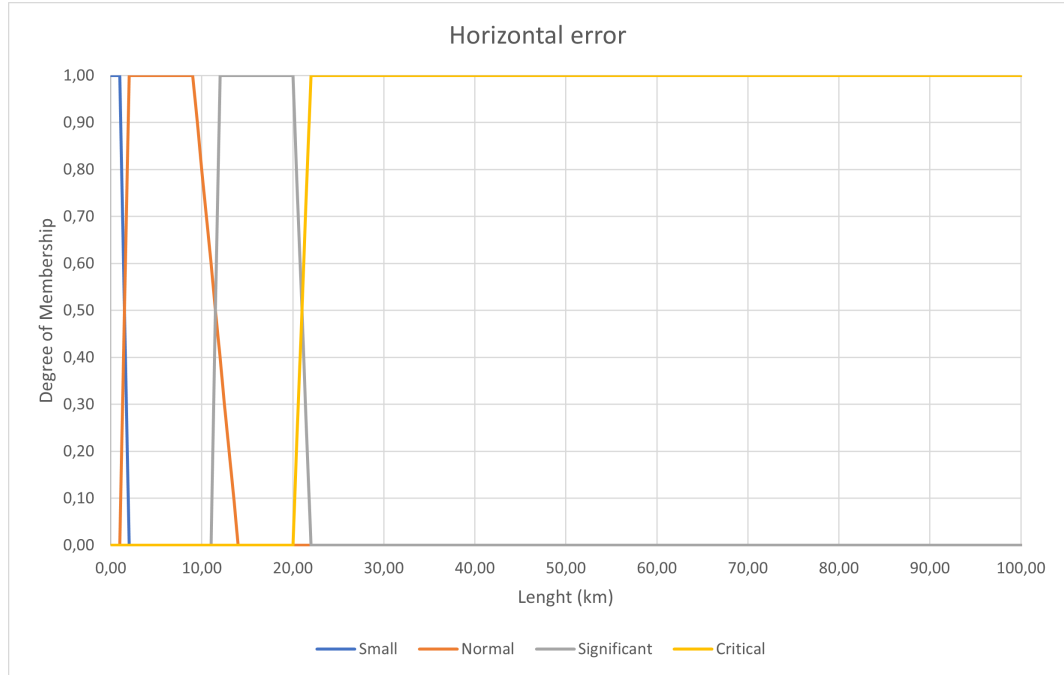
Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Horizontal error*:

$$\mu_{\text{small}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [0, 2] \\ -x + 2 & \text{dla } x \in [2, 10] \end{cases} \quad (2.35)$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [10, 20] \\ x - 10 & \text{dla } x \in [20, 22] \\ \frac{-x}{5} + \frac{14}{5} & \text{dla } x \in [22, 30] \end{cases} \quad (2.36)$$

$$\mu_{\text{significant}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [20, 30] \\ x - 20 & \text{dla } x \in [30, 32] \\ \frac{-x}{2} + 16 & \text{dla } x \in [32, 40] \end{cases} \quad (2.37)$$

$$\mu_{\text{critical}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [30, 100] \\ \frac{x}{2} - 10 & \text{dla } x \in [40, 42] \end{cases} \quad (2.38)$$



Rysunek 12. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Horizontal error*



Rysunek 13. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Horizontal error*, przybliżenie na funkcje przynależności

2.2.10. Błąd pomiaru głębokości: *Depth error*

Zmienna lingwistyczna *Depth error* opisuje błąd pomiaru głębokości na której doszło do trzęsienia ziemi. Jest oparta na atrybucie *depthError* (10) którego wartość wyrażona jest w kilometrach.

Przestrzeń rozważań $X = [0, 800]$ km.

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Depth error*:

$$H(\text{Depth error}) = \{Trivial, Reasonable, Important, Huge\}$$

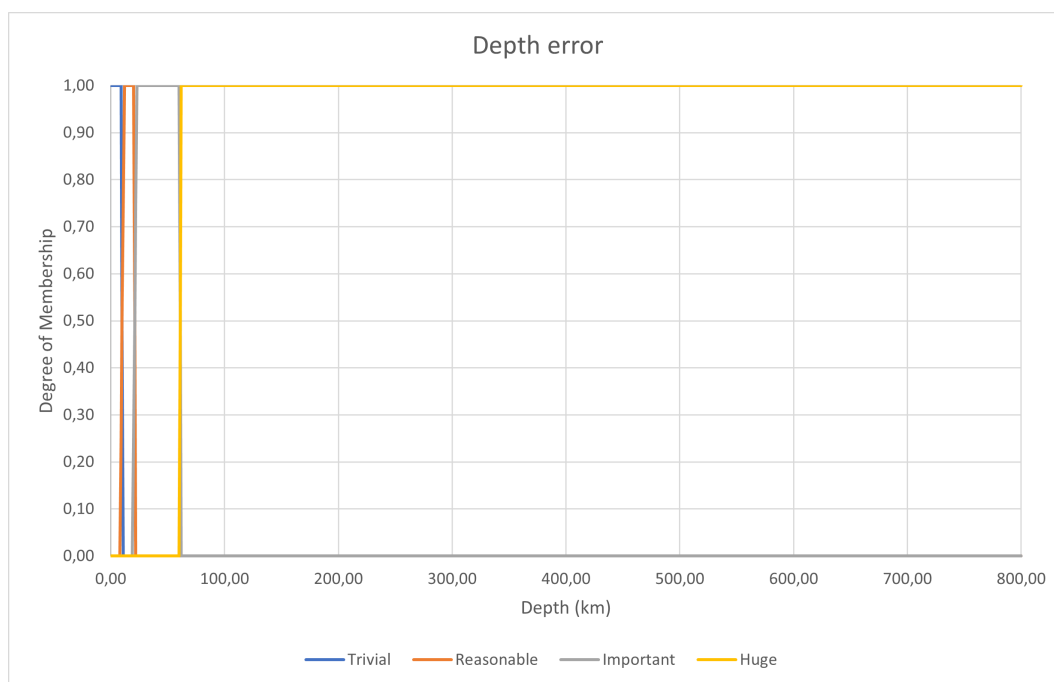
Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Depth error*:

$$\mu_{trivial}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [0, 9] \\ \frac{x}{2} - 10 & \text{dla } x \in [9, 11] \end{cases} \quad (2.39)$$

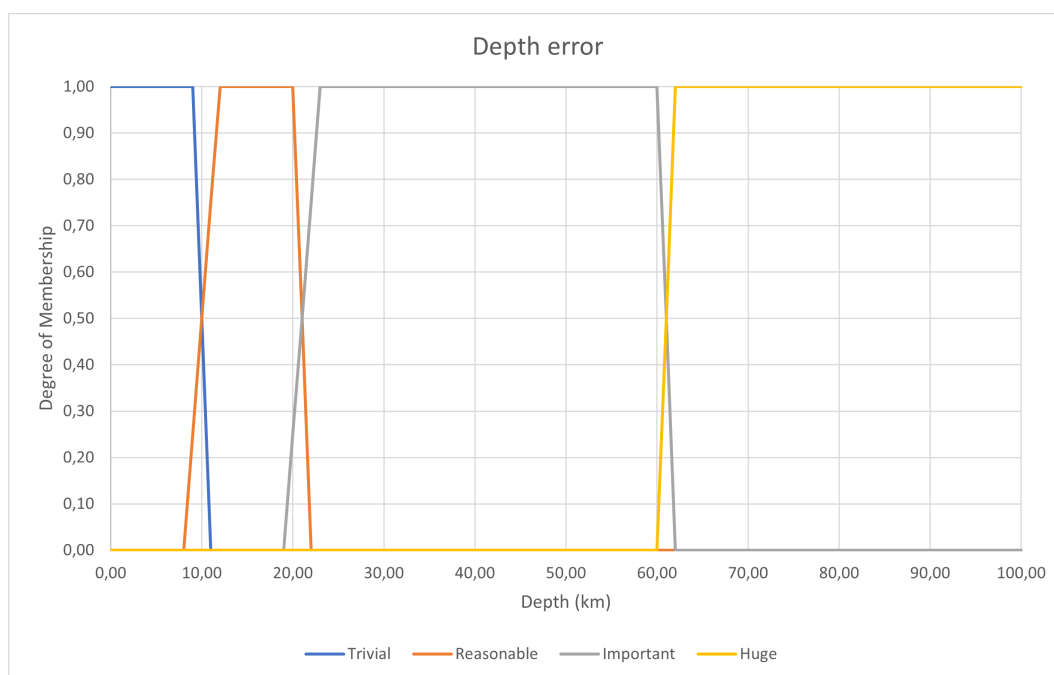
$$\mu_{reasonable}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [12, 22] \\ \frac{x}{4} - 2 & \text{dla } x \in [8, 12] \\ \frac{-x}{2} + 11 & \text{dla } x \in [20, 22] \end{cases} \quad (2.40)$$

$$\mu_{important}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [23, 60] \\ \frac{x}{4} - \frac{19}{4} & \text{dla } x \in [19, 23] \\ \frac{-x}{2} + 31 & \text{dla } x \in [60, 62] \end{cases} \quad (2.41)$$

$$\mu_{huge}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [62, 800] \\ \frac{x}{2} - 30 & \text{dla } x \in [60, 62] \end{cases} \quad (2.42)$$



Rysunek 14. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Depth error*



Rysunek 15. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Depth error*, przybliżenie na funkcje przynależności

2.2.11. Błąd pomiaru siły trzęsienia ziemi: *Magnitude error*

Zmienna lingwistyczna *Magnitude error* określa błąd pomiaru wielkości trzęsienia ziemi. Aby otrzymać rzeczywisty błąd w pomiarze w skali Richtera, należy policzyć wartość logarytmu o podstawie 10 z danej wartości błędu. Jest oparta na atrybucie *magError* (11).

Przestrzeń rozważań $X = [0, 5]$

Zbiór etykiet dla zmiennej lingwistycznej *Magnitude error*:

$$H(Magnitude\ error) = \{Minimal, Standard, Ample, Massive\}$$

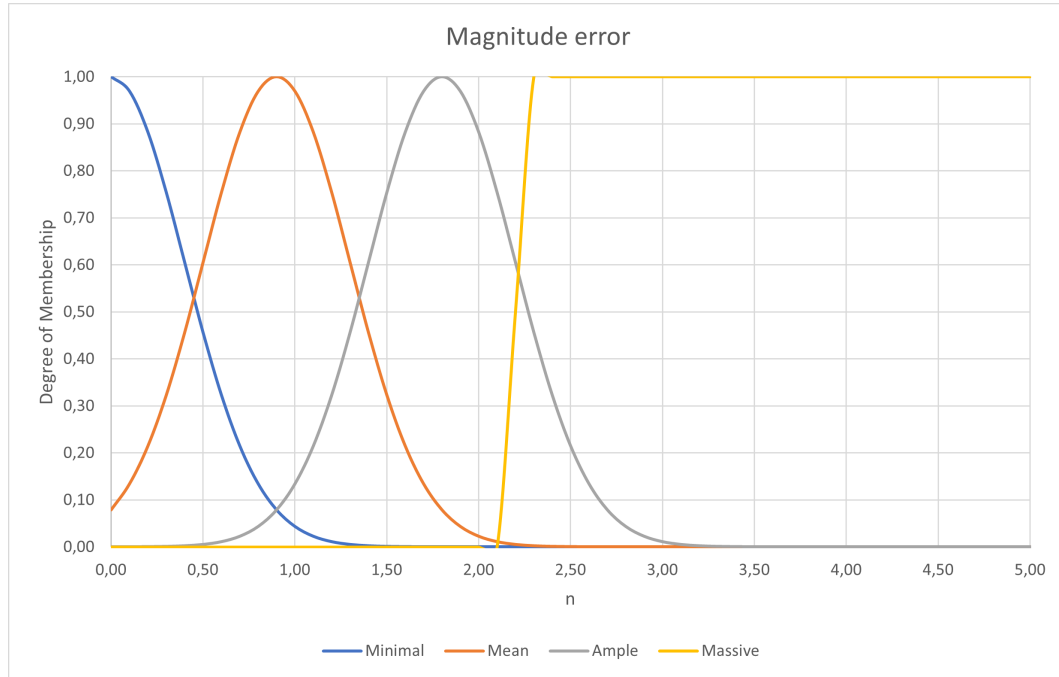
Funkcje przynależności dla etykiet zmiennej lingwistycznej *Magnitude error*:

$$\mu_{minimal}(x) = \begin{cases} e^{\left(\frac{-x^2}{\pi-1}\right)} & \text{dla } x \in [0.0, 5] \end{cases} \quad (2.43)$$

$$\mu_{standard}(x) = \begin{cases} e^{\left(\frac{-(x-\frac{9}{10})^2}{\pi-1}\right)} & \text{dla } x \in [0.0, 5] \end{cases} \quad (2.44)$$

$$\mu_{ample}(x) = \begin{cases} e^{\left(\frac{-(x-\frac{9}{5})^2}{\pi-1}\right)} & \text{dla } x \in [0.0, 5] \end{cases} \quad (2.45)$$

$$\mu_{massive}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [2.3, 5] \\ 5x - \frac{21}{2} & \text{dla } x \in [2.1, 2.3] \end{cases} \quad (2.46)$$



Rysunek 16. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej *Magnitude error*

2.3. Kwantyfikatory lingwistyczne (liczności obiektów)

W celu określenia liczności obiektów zastosowano kwantyfikatory. W zadaniu wykorzystano zarówno kwantyfikatory relatywne (2.3.1), jak i absolutne (2.3.2).

2.3.1. Kwantyfikatory relatywne

Kwantyfikatory relatywne określają licznosc obiektów w stosunku do zbioru danych. W zadaniu użyto następujących kwantyfikatorów relatywnych:

- Almost None
- Some
- About half
- Over half
- Over three quaters
- Almost Every

Przestrzeń rozważań $X = [0, 1]$

$$\mu_{almostnone}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [0, 0.14] \\ -25x + \frac{9}{2} & dla\ x \in [0.14, 0.18] \end{cases} \quad (2.47)$$

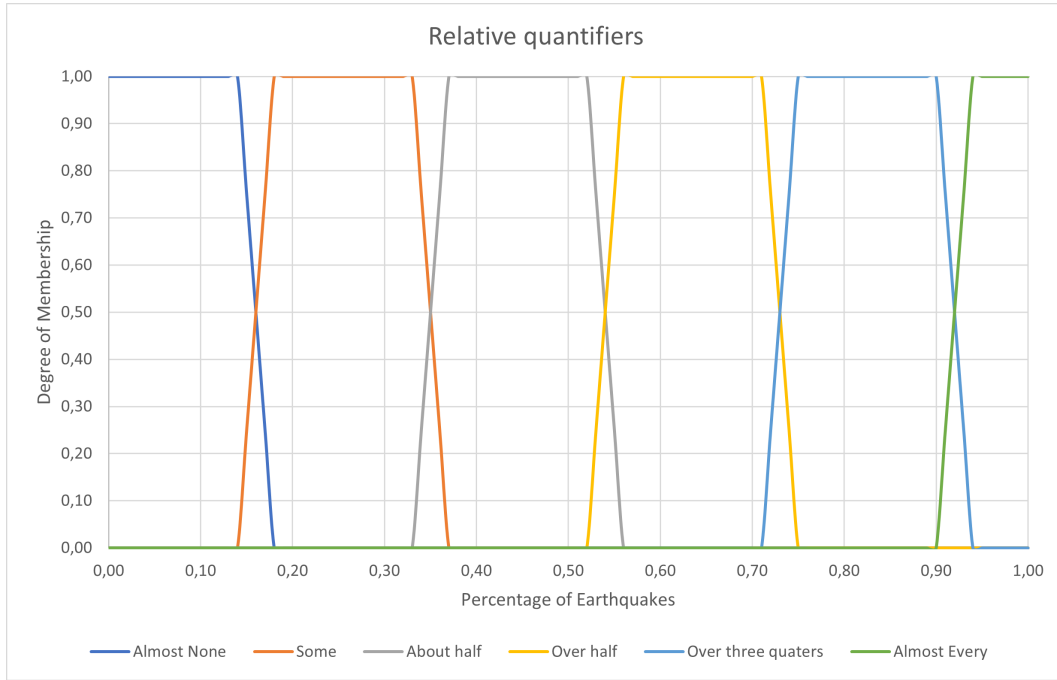
$$\mu_{some}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [0.18, 0.33] \\ 25x - \frac{7}{2} & dla\ x \in [0.14, 0.18] \\ -25x + \frac{37}{4} & dla\ x \in [0.33, 0.37] \end{cases} \quad (2.48)$$

$$\mu_{abouthalf}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [0.37, 0.52] \\ 25x - \frac{33}{4} & dla\ x \in [0.33, 0.37] \\ -25x + 14 & dla\ x \in [0.52, 0.56] \end{cases} \quad (2.49)$$

$$\mu_{overhalf}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [0.56, 0.71] \\ 25x - 13 & dla\ x \in [0.52, 0.56] \\ -25x + \frac{75}{4} & dla\ x \in [0.71, 0.75] \end{cases} \quad (2.50)$$

$$\mu_{overthreequarters}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [0.75, 0.90] \\ 25x - \frac{71}{4} & dla\ x \in [0.71, 0.75] \\ -25x + \frac{47}{2} & dla\ x \in [0.90, 0.94] \end{cases} \quad (2.51)$$

$$\mu_{almostevery}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [0.94, 1] \\ 25x - \frac{45}{2} & dla\ x \in [0.90, 0.94] \end{cases} \quad (2.52)$$



Rysunek 17. Wykres funkcji przynależności dla kwantyfikatorów relatywnych

2.3.2. Kwantyfikatory absolutne

Kwantyfikatory absolutne określają bezwzględną liczbę obiektów. W zadaniu użyto następujących kwantyfikatorów absolutnych:

- Less than 200
- Less than 700
- About 1000
- About 2000
- More than 3000
- Above 6000

Przestrzeń rozważań $X = [0, 15000]$

$$\mu_{lessthan200}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [0, 200] \\ \frac{-x}{100} + 3 & \text{dla } x \in [200, 300] \end{cases} \quad (2.53)$$

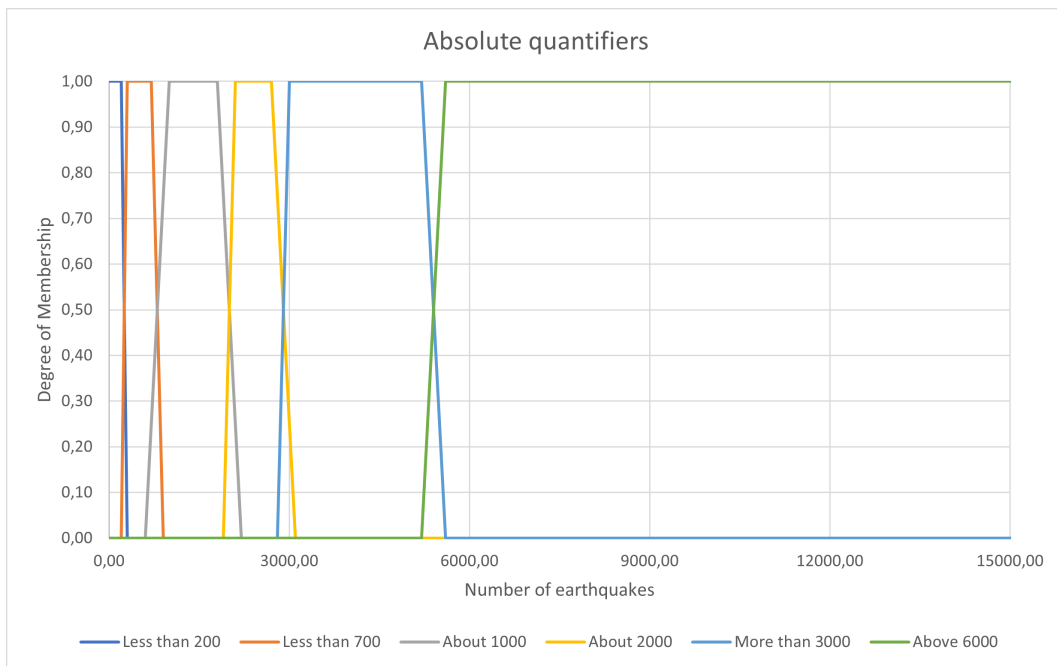
$$\mu_{lessthan700}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [300, 700] \\ \frac{x}{100} - 2 & \text{dla } x \in [200, 300] \\ \frac{-x}{200} + \frac{9}{2} & \text{dla } x \in [700, 900] \end{cases} \quad (2.54)$$

$$\mu_{about1000}(x) = \begin{cases} 1 & \text{dla } x \in [1000, 1800] \\ \frac{x}{400} - \frac{3}{2} & \text{dla } x \in [600, 1000] \\ \frac{-x}{400} + \frac{11}{2} & \text{dla } x \in [1800, 2200] \end{cases} \quad (2.55)$$

$$\mu_{about2000}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [2100, 2700] \\ \frac{x}{200} - \frac{19}{2} & dla\ x \in [1900, 2100] \\ \frac{-x}{400} + \frac{31}{4} & dla\ x \in [2700, 3100] \end{cases} \quad (2.56)$$

$$\mu_{morethan3000}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [3000, 5200] \\ \frac{x}{200} - 14 & dla\ x \in [2800, 3000] \\ \frac{-x}{400} + 14 & dla\ x \in [5200, 5600] \end{cases} \quad (2.57)$$

$$\mu_{above6000}(x) = \begin{cases} 1 & dla\ x \in [5600, 15000] \\ \frac{x}{200} - 14 & dla\ x \in [5200, 5600] \end{cases} \quad (2.58)$$



Rysunek 18. Wykres funkcji przynależności dla kwantyfikatorów absolutnych

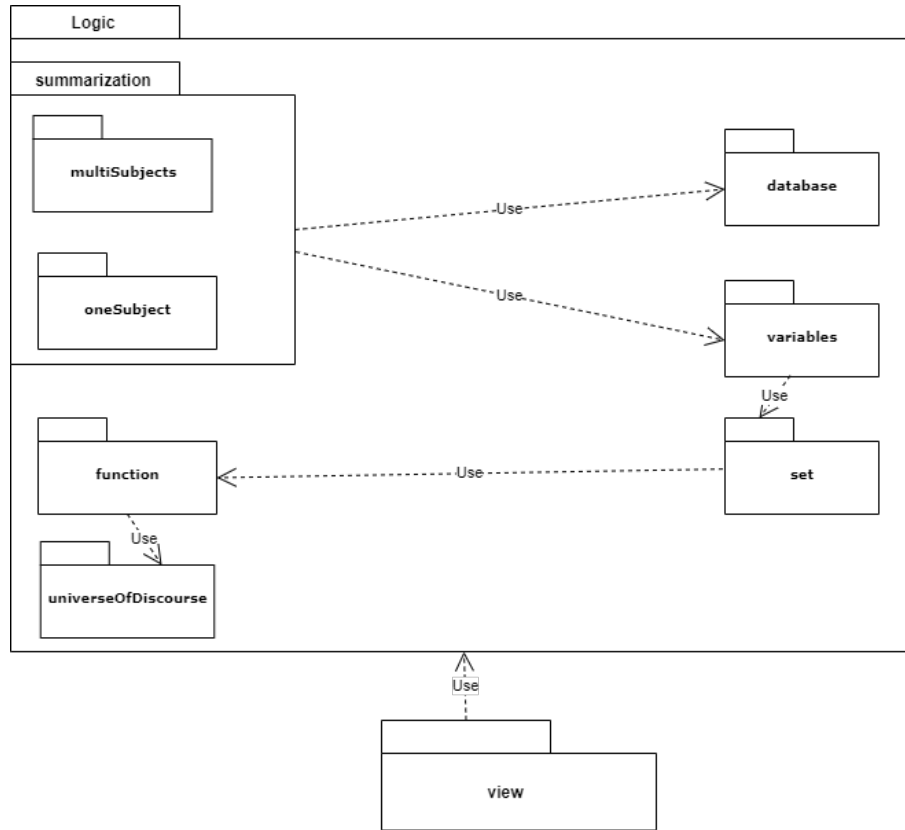
3. Narzędzia obliczeniowe: wybór/implementacja.

Diagram UML pakietu obliczeń rozmytych i generatora podsumowań. Instrukcja użytkownika

Program składa się z dwóch pakietów. W ten sposób oddzielono od siebie graficzny interfejs użytkownika oraz część odpowiedzialną za logikę generowania podsumowań lingwistycznych relacyjnej bazy danych. Do wykonania obliczeń rozmytych nie wykorzystano żadnej zewnętrznej biblioteki.

3.1. Diagram pakietów

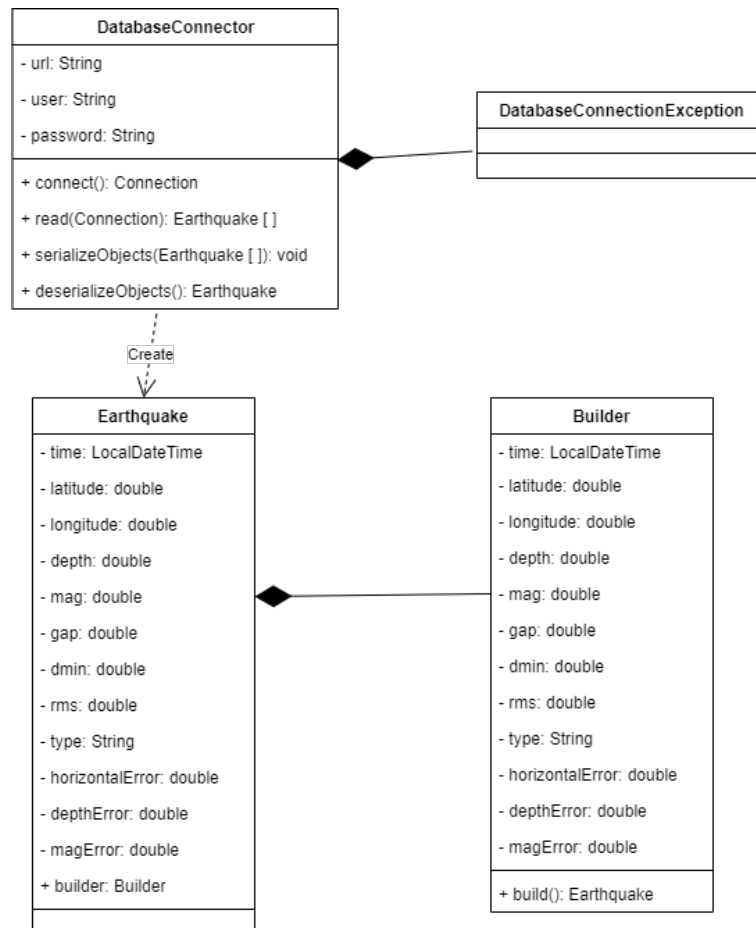
Pakiet *logic* składa się z 6 podpakietów. Są to: *database*, *summarization*, *function*, *set*, *universeOfDiscourse*, *variables*. Pakiet *summarization* dodatkowo podzielony został na dwa pakiety *oneSubject*, oraz *multiSubjects*.



Rysunek 19. Diagram pakietów programu

3.2. Diagram klas – pakiet *database*

Pakiet *database* odpowiada za komunikację z bazą danych. Składa się z 3 klas:

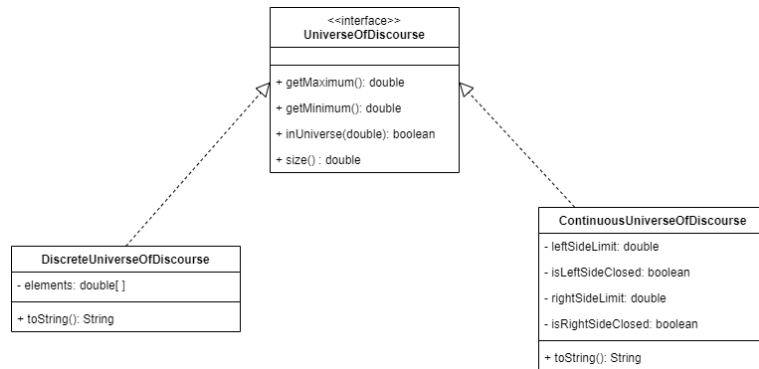


Rysunek 20. Diagram klas – pakiet *database*

- Klasa *DatabaseConnector* – klasa służąca do nawiązywania połączenia z bazą danych oraz odczytywania danych z bazy. W przypadku braku połączenia z bazą danych, pozwala na uruchomienie aplikacji korzystając z pliku zserializowanych obiektów.
- Klasa *DatabaseConnectionException* – klasa wyjątków, służąca do wykrycia, czy prawidłowo nawiązano połączenie z bazą danych.
- Klasa *Earthquake* – jest to klasa reprezentująca rekord bazy danych.
- Klasa *Builder* – jest to klasa służąca do tworzenia nowych obiektów klasy *Earthquake*.

3.3. Diagram klas – pakiet *universeOfDiscourse*

Pakiet ten zawiera klasy reprezentujące przestrzeń rozważań.

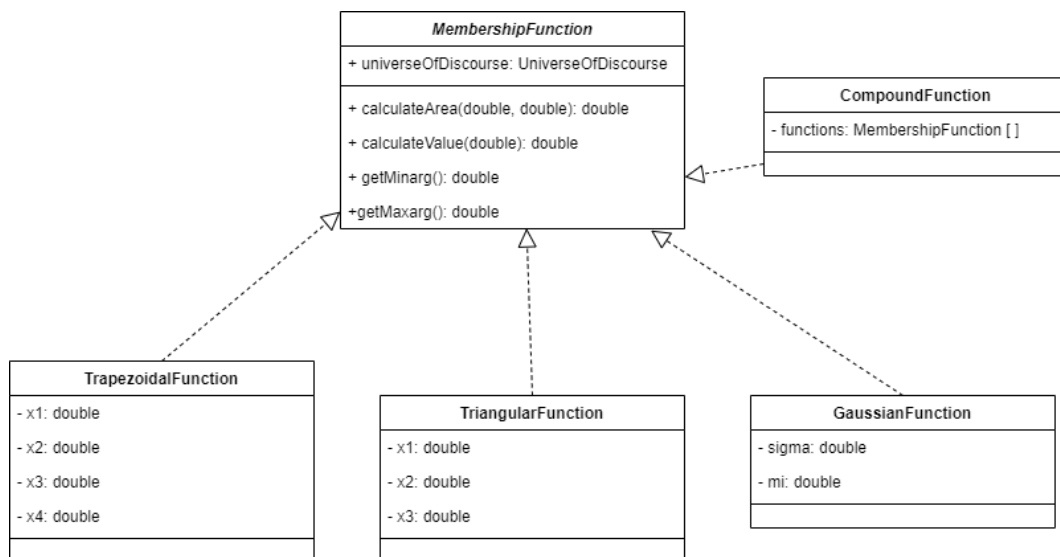


Rysunek 21. Diagram klas – pakiet *universeOfDiscourse*

- Interfejs *UniverseOfDiscourse* – jest to interfejs definiujący możliwe działania na przestrzeni rozważań.
- Klasa *DiscreteUniverseOfDiscourse* – jest to klasa definiująca dyskretną przestrzeń rozważań.
- Klasa *ContinuousUniverseOfDiscourse* – jest to klasa definiująca ciągłą przestrzeń rozważań.

3.4. Diagram klas – pakiet *function*

Pakiet *function* jest pakietem pomocniczym i służy do zdefiniowania funkcji przynależności. Składa się z 3 klas oraz interfejsu:



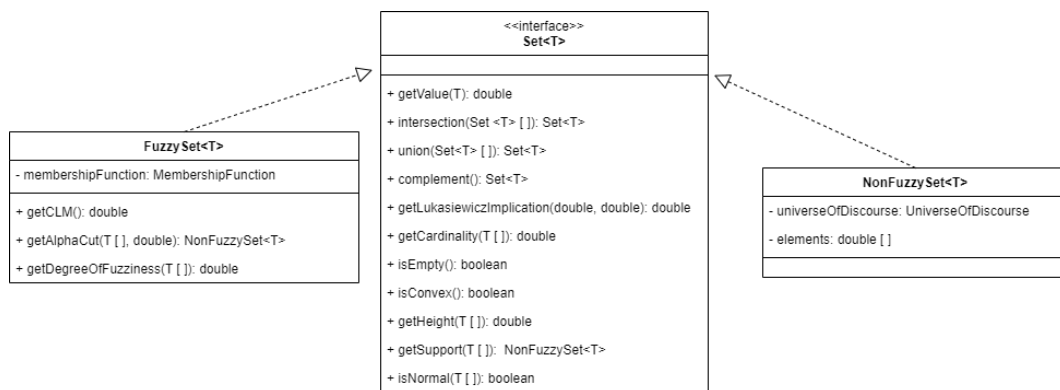
Rysunek 22. Diagram klas – pakiet *functions*

- Klasa *MembershipFunction* – klasa abstrakcyjna definiująca funkcję przynależności.
- Klasa *TrapezoidalFunction* – klasa pozwala zdefiniować funkcję przynależności jako funkcję trapezoidalną.
- Klasa *TriangularFunction* – klasa pozwala zdefiniować funkcję przynależności jako funkcję trójkątną.

- Klasa *GaussianFunction* – klasa pozwala zdefiniować funkcję przynależności jako funkcję rozkładu normalnego Gaussa.
- Klasa *CompoundFunction* – klasa pozwalająca na opisanie funkcji złożonych

3.5. Diagram klas – pakiet *set*

Pakiet *set* zawiera wszelkie niezbędne klasy dotyczące zbiorów rozmytych i zbiorów klasycznych oraz ich własności [1].

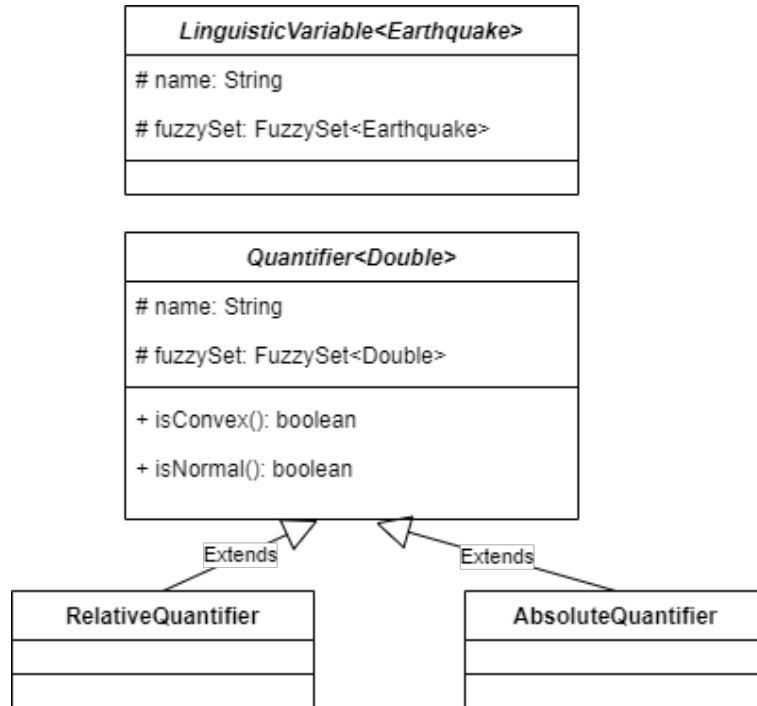


Rysunek 23. Diagram klas – pakiet *set*

- Interfejs *Set* – jest to interfejs definiujący możliwe działania na zbiorach.
- Klasa *NonFuzzySet* – klasa ta definiuje zbiór klasyczny i jest implementacją interfejsu *Set*.
- Klasa *FuzzySet* – klasa ta definiuje zbiór rozmyty i jest implementacją interfejsu *Set*. Zawiera dodatkowe metody, pozwalające na dokonanie operacji charakterystycznych dla zbiorów rozmytych [1].

3.6. Diagram klas – pakiet *variables*

Pakiet *variables* to kluczowy pakiet całej aplikacji. Zawiera parametry lingwistycznych podsumowań bazy danych [1]:

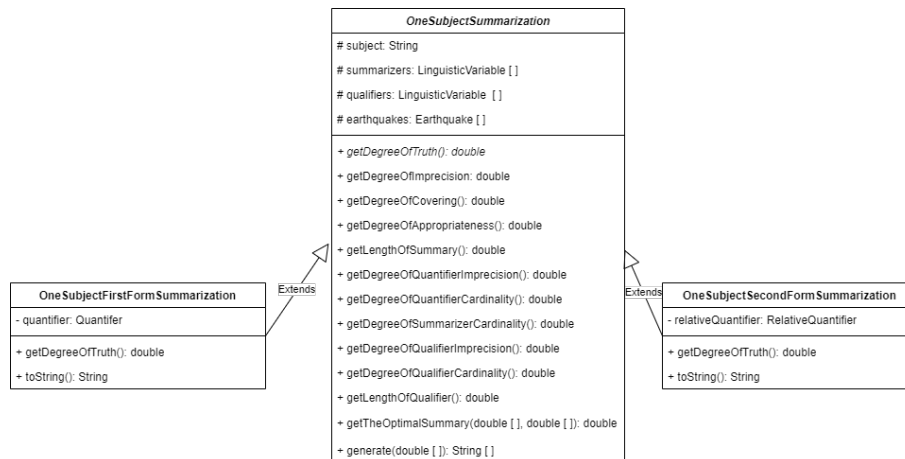


Rysunek 24. Diagram klas – pakiet *variables*

- Klasa *LinguisticVariable* – klasa opisująca zmienną lingwistyczną [1].
- Klasa *Quantifier* – klasa abstrakcyjna, reprezentująca kwantyfikatory lingwistyczne [1].
- Klasa *RelativeQuantifier* – klasa reprezentuje kwantyfikator względny [1].
- Klasa *AbsoluteQuantifier* – klasa, która reprezentuje kwantyfikator absolutny [1].

3.7. Diagram klas – pakiet *summarization*

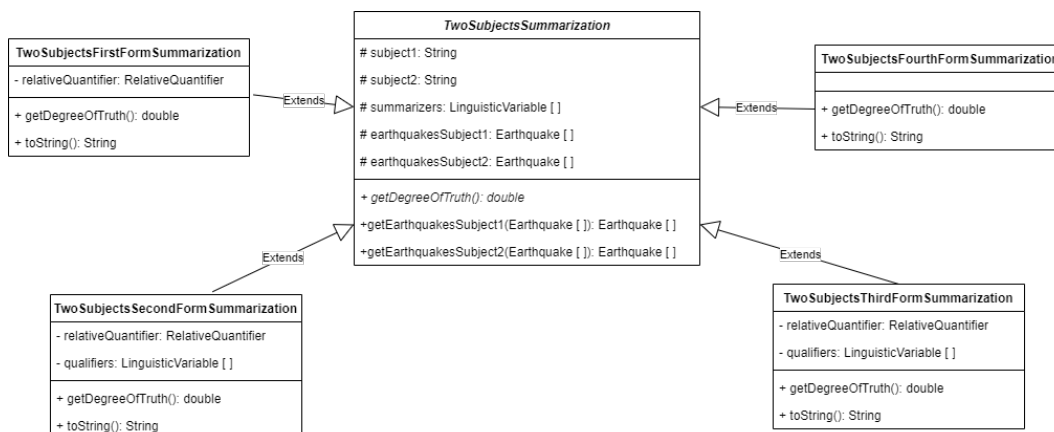
Pakiet *summarization* podzielony został na dwa pakiety *oneSubject* oraz *multiSubjects*.



Rysunek 25. Diagram klas – pakiet *oneSubject*

Pakiet *OneSubjects*:

- Klasa *OneSubjectSummarization* – klasa ta definiuje podsumowania lingwistyczne jednopodmiotowe i jest rozszerzana przez klasy *OneSubjectFirstFormSummarization* oraz *OneSubjectSecondFormSummarization*.
- Klasa *OneSubjectFirstFormSummarization* – opisuje podsumowania lingwistyczne jednopodmiotowe w pierwszej formie.
- Klasa *OneSubjectSecondFormSummarization* – opisuje podsumowania lingwistyczne jednopodmiotowe w drugiej formie.



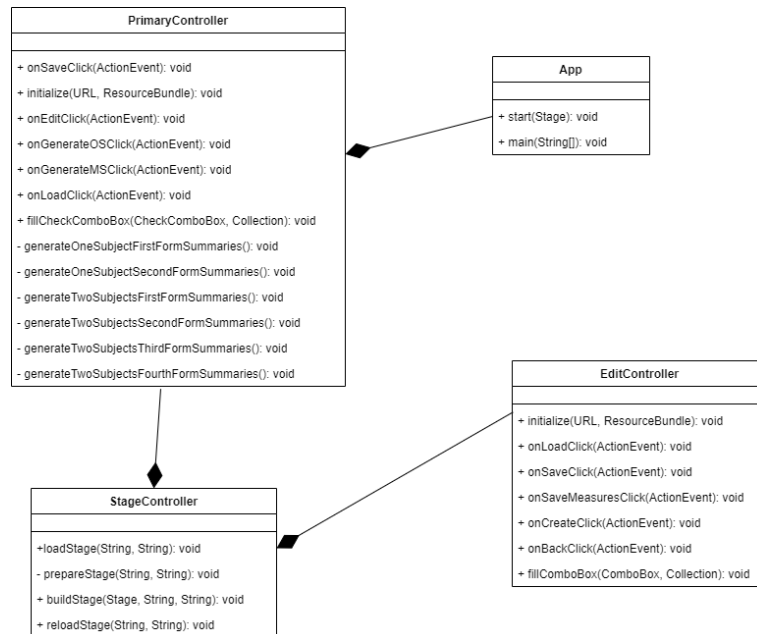
Rysunek 26. Diagram klas – pakiet *multiSubjects*

Pakiet *multiSubjects*:

- Klasa *TwoSubjectSummarization* – klasa abstrakcyjna, definiuje podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe. Rozszerzają ją klasy: *TwoSubjectFirstFormSummarization*, *TwoSubjectSecondFormSummarization*, *TwoSubjectThirdFormSummarization*, *TwoSubjectFourthFormSummarization*.
- Klasa *TwoSubjectFirstFormSummarization* – klasa opisuje podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe w pierwszej formie. Zawiera odpowiednią implementację stopnia prawdziwości dla tej formy.
- Klasa *TwoSubjectSecondFormSummarization* – klasa opisuje podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe w drugiej formie. Zawiera odpowiednią implementację stopnia prawdziwości dla tej formy.
- Klasa *TwoSubjectThirdFormSummarization* – klasa opisuje podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe w trzeciej formie. Zawiera odpowiednią implementację stopnia prawdziwości dla tej formy.
- Klasa *TwoSubjectFourthFormSummarization* – klasa opisuje podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe w czwartej formie. Zawiera odpowiednią implementację stopnia prawdziwości dla tej formy.

3.8. Diagram klas – pakiet *view*

Pakiet *view* zawiera implementację graficznego interfejsu użytkownika. Składa się z następujących klas:



Rysunek 27. Diagram klas – pakiet *view*

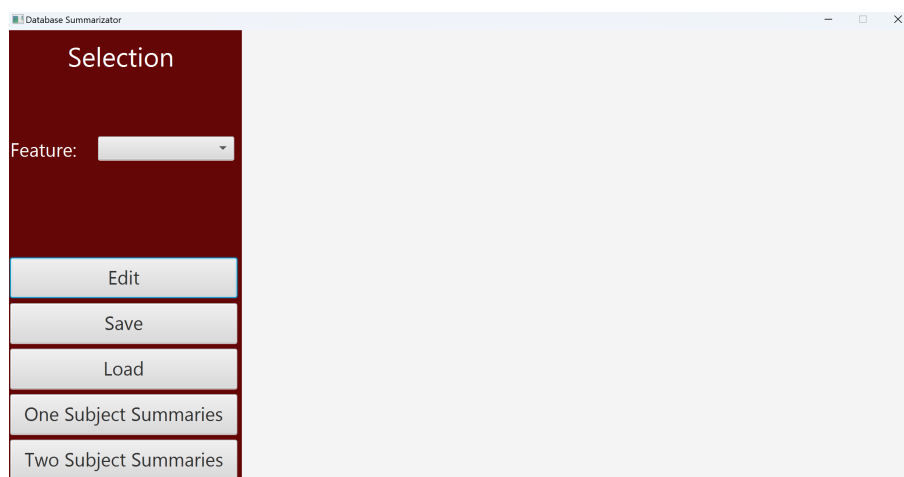
- Klasa *App* – główna klasa aplikacji, pozwalająca na jej uruchomienie
- Klasa *PrimaryController* – kontroler głównego widoku aplikacji
- Klasa *StageController* – kontroler okna aplikacji, pozwalający na zmianę wyświetlanego okna
- Klasa *EditController* – kontroler okna edycji parametrów lingwistycznych podsumowań baz danych.

3.9. Wymaganie potrzebne do uruchomienia programu

Do uruchomienia programu wymagana jest instalacja JRE (Java Runtime Environment) – środowisko uruchomieniowe języka Java w wersji 17 o architekturze amd64 [21]. Do zarządzania bazą danych wybrano system zarządzania bazą danych PostgreSQL [5]. Przygotowano skrypt, służący do stworzenia instancji bazy danych. Do jego uruchomienia niezbędne jest oprogramowanie wirtualizacji Docker [22]. Aby stworzyć instancję bazy danych należy z wiersza poleceń wykonać „*docker compose up*”, z katalogu z dołączonym plikiem *yml* [23]. Następnie należy uruchomić dołączony plik *jar* [24]. Istnieje również możliwość uruchomienia pliku *jar*, wykorzystując zserializowaną bazę danych. W tym celu należy skopiować załączony plik „*earthquakes.ser*” [25] do folderu z plikiem *jar*, a następnie uruchomić plik *jar*. Program został przetestowany na systemie operacyjnym Windows 10 oraz Windows 11 [26] [27].

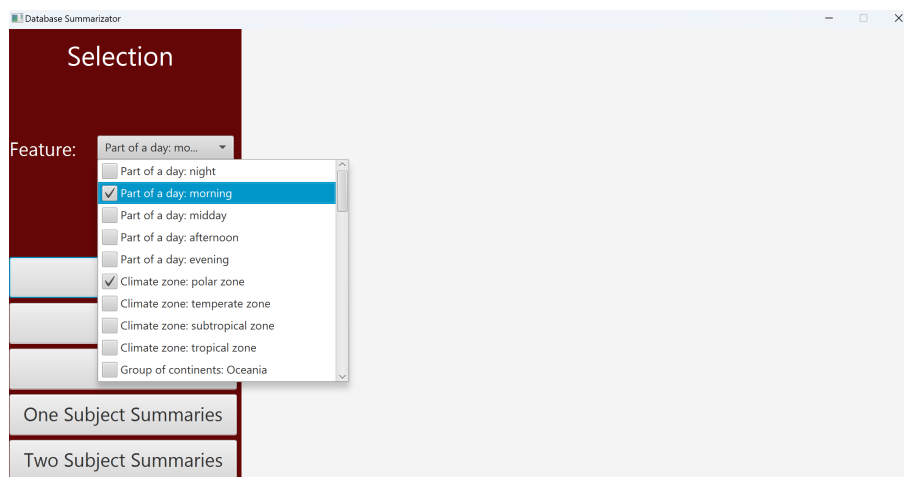
3.10. Interfejs użytkownika

Program posiada graficzny interfejs użytkownika, po uruchomieniu go wyświetla się okno podzielone na 2 panele (rys. 28).



Rysunek 28. Interfejs użytkownika – widok startowy

Panel w kolorze bordowym służy do nawigacji po programie. Zawiera również przełączniki odpowiedzialne za wybór parametrów podsumowania.



Rysunek 29. Interfejs użytkownika – przykładowy wybór ustawień

Aby wygenerować podsumowanie należy wybrać interesujące nas wartości z pośród podanych w programie (rys. 29) a następnie nacisnąć przycisk *One Subject Summaries* dla podsumowań jednopodmiotowych lub *Two Subject Summaries* dla podsumowań wielopodmiotowych. Otrzymane rezultaty wyświetlą się w tabeli po prawej stronie.

Summary	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	TOS
Almost none Earthquakes have Part of a day: mor...	0.00	0.71	0.29	0.00	1.00	0.82	0.84	0.79	0.00	0.00	1.00	0.44
Almost none Earthquakes have Part of a day: mor...	1.00	0.94	>0.00	>0.00	0.50	0.82	0.84	0.96	0.00	0.00	1.00	0.61
Almost none Earthquakes have Climate zone: pol...	1.00	0.99	0.01	0.00	1.00	0.82	0.84	0.99	0.00	0.00	1.00	0.65
Some Earthquakes have Part of a day: morning	1.00	0.71	0.29	0.00	1.00	0.77	0.81	0.79	0.00	0.00	1.00	0.63
Some Earthquakes have Part of a day: morning an...	0.00	0.94	>0.00	>0.00	0.50	0.77	0.81	0.96	0.00	0.00	1.00	0.40
Some Earthquakes have Climate zone: polar zone	0.00	0.99	0.01	0.00	1.00	0.77	0.81	0.99	0.00	0.00	1.00	0.45
About half Earthquakes have Part of a day: morni...	0.00	0.71	0.29	0.00	1.00	0.77	0.81	0.79	0.00	0.00	1.00	0.43
About half Earthquakes have Part of a day: morni...	0.00	0.94	>0.00	>0.00	0.50	0.77	0.81	0.96	0.00	0.00	1.00	0.40
About half Earthquakes have Climate zone: polar...	0.00	0.99	0.01	0.00	1.00	0.77	0.81	0.99	0.00	0.00	1.00	0.45
Over half Earthquakes have Part of a day: morning	0.00	0.71	0.29	0.00	1.00	0.77	0.81	0.79	0.00	0.00	1.00	0.43
Over half Earthquakes have Part of a day: mornin...	0.00	0.94	>0.00	>0.00	0.50	0.77	0.81	0.96	0.00	0.00	1.00	0.40
Over half Earthquakes have Climate zone: polar z...	0.00	0.99	0.01	0.00	1.00	0.77	0.81	0.99	0.00	0.00	1.00	0.45
Over three quarters Earthquakes have Part of a da...	0.00	0.71	0.29	0.00	1.00	0.77	0.81	0.79	0.00	0.00	1.00	0.43
Over three quarters Earthquakes have Part of a da...	0.00	0.94	>0.00	>0.00	0.50	0.77	0.81	0.96	0.00	0.00	1.00	0.40
Over three quarters Earthquakes have Climate zon...	0.00	0.99	0.01	0.00	1.00	0.77	0.81	0.99	0.00	0.00	1.00	0.45
Almost Every Earthquakes have Part of a day: mor...	0.00	0.71	0.29	0.00	1.00	0.90	0.92	0.79	0.00	0.00	1.00	0.45
Almost Every Earthquakes have Part of a day: mor...	0.00	0.94	>0.00	>0.00	0.50	0.90	0.92	0.96	0.00	0.00	1.00	0.42
Almost Every Earthquakes have Climate zone: pol...	0.00	0.99	0.01	0.00	1.00	0.90	0.92	0.99	0.00	0.00	1.00	0.47
Less than 200 Earthquakes have Part of a day: mo...	0.00	0.71	0.29	0.00	1.00	0.98	0.98	0.79	0.00	0.00	1.00	0.46

Rysunek 30. Interfejs użytkownika – przykładowe wyniki

Przycisk *Save* pozwala na zapisanie podsumowania, przycisk *Load* pozwala wczytać zapisaną konfigurację parametrów podsumowania.

Użytkownik może również zaproponować własne kwalifikatory, kwantyfikatory oraz sumaryzatory, ich etykiety, funkcje przynależności, a także zmienić wartości wag poszczególnych miar jakości. Został przygotowany specjalny panel (rys. 31) umożliwiający mu dodanie własnych zmian.

Rysunek 31. Interfejs użytkownika – okno aplikacji dla użytkowników zaawansowanych

4. Jednopo­dmiotowe podsumowania lingwistyczne. Miary jakości, podsumowanie optymalne

4.1. Miary jakości podsumowań lingwistycznych

Do określenia stopnia prawdziwości generowanych podsumowań lingwistycznych wykorzystaliśmy miary jakości podsumowań lingwistycznych [1]. Miary jakości podsumowań lingwistycznych określają jak wygenerowane podsumowanie lingwistyczne jest prawdziwe. Wartość bliższa 1 sugeruje że, podsumowanie jest bardziej prawdziwe, a wartość bliższa 0 że, jest mniej prawdziwe. W programie dostępne są miary T_1 do T_{11} :

- T_1 – stopień prawdziwości
- T_2 – stopień nieprecyzyjności
- T_3 – stopień pokrycia
- T_4 – stopień trafności
- T_5 – długość podsumowania
- T_6 – stopień nieprecyzyjności kwantyfikatora
- T_7 – stopień kardynalności względnej kwantyfikatora
- T_8 – stopień kardynalności względnej sumaryzatora
- T_9 – stopień nieprecyzyjności kwalifikatora
- T_{10} – stopień kardynalności względnej kwalifikatora
- T_{11} – długość kwalifikatora

Na ich podstawie obliczono również T , miarę podsumowania optymalnego. Wszystkie miary wykorzystane do obliczenia T posiadają wagi, które zostały podane na (rys. 31). Wzory służące do policzenia poszczególnych miar jakości, a także ich znaczenie zostały opisane w [1].

4.2. Podsumowanie lingwistyczne jednopo­dmiotowe dla atrybutu **Earthquake’s magnitude: moderate**

Dla atrybutu *Earthquake’s magnitude: moderate* otrzymano 12 podsumowań lingwistycznych jednopo­dmiotowych. Są one uporządkowane malejąco względem miary T , otrzymane wyniki dla poszczególnych miar jakości przedstawione są w Tabeli 1.

1. About 1000 Earthquakes have Earthquake’s magnitude: moderate [0.66]
2. Almost none Earthquakes have Earthquake’s magnitude: moderate [0.65]
3. Less than 200 Earthquakes have Earthquake’s magnitude: moderate [0.47]
4. Less than 700 Earthquakes have Earthquake’s magnitude: moderate [0.47]
5. Almost Every Earthquakes have Earthquake’s magnitude: moderate [0.46]
6. About 2000 Earthquakes have Earthquake’s magnitude: moderate [0.46]

7. More than 3000 Earthquakes have Earthquake's magnitude: moderate [0.44]
8. Some Earthquakes have Earthquake's magnitude: moderate [0.44]
9. About half Earthquakes have Earthquake's magnitude: moderate [0.44]
10. Over half Earthquakes have Earthquake's magnitude: moderate [0.44]
11. Over three quaters Earthquakes have Earthquake's magnitude: moderate [0.44]
12. Above 6000 Earthquakes have Earthquake's magnitude: moderate [0.37]

Tabela 1. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla jednego atrybutu: *Earthquake's magnitude: moderate*

nr	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T
1	1.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.89	0.92	0.91	0.00	0.00	1.00	0.66
2	1.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.82	0.84	0.91	0.00	0.00	1.00	0.65
3	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.98	0.98	0.91	0.00	0.00	1.00	0.47
4	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.95	0.96	0.91	0.00	0.00	1.00	0.47
5	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.90	0.92	0.91	0.00	0.00	1.00	0.46
6	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.92	0.94	0.91	0.00	0.00	1.00	0.46
7	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.77	0.81	0.91	0.00	0.00	1.00	0.44
8	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.77	0.81	0.91	0.00	0.00	1.00	0.44
9	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.77	0.81	0.91	0.00	0.00	1.00	0.44
10	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.77	0.81	0.91	0.00	0.00	1.00	0.44
11	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.81	0.83	0.91	0.00	0.00	1.00	0.44
12	0.00	0.90	0.10	0.00	1.00	0.35	0.36	0.91	0.00	0.00	1.00	0.37

Dla wszystkich przedstawionych w tabeli 1. podsumowań lingwistycznych wyniki miary T_3 są niskie i wynoszą 0.10. Oznacza to, że etykieta składająca się na sumaryzator *Earthquake's magnitude: moderate* nie pokrywa się praktycznie z kwalifikatorem, który w tym przypadku jest całą bazą danych.

Wartość miary T_2 jest wysoka, oznacza to, że etykieta składająca się na sumaryzator jest określona precyzyjnie, tzn. odpowiada realnym wartościom stosowanym przy określaniu siły trzęsienia ziemi.

Jedynie podsumowanie o numerze 12 ma niskie miary T_6 i T_7 w porównaniu do reszty. Jest to spowodowane tym, że kwantyfikator użyty w tym zdaniu „Above 6000 Earthquakes”, jest zbyt ogólny, nie odzwierciedla realnych przypadków trzęsień ziemi, których o sile zdefiniowanej przez etykietę sumaryzatora *Earthquake's magnitude: moderate* jest stosunkowo mało. Według danych statystycznych najczęściej występują trzęsienia ziemi o sile od 2.0 do 4.9 w skali Richtera [29].

Jedynie pierwsze dwa zdania mają wyniki stopnia prawdziwości T_1 równe 1.

4.3. Podsumowanie lingwistyczne jednopodmiotwe dla jednego atrybutu: *Climate zone: temperate zone*

Dla atrybutu *Climate zone: temperate zone* otrzymano 12 podsumowań lingwistycznych jednopodmiotowych. Są one uporządkowane malejąco względem miary T , otrzymane wyniki dla poszczególnych miar jakości przedstawione są w Tabeli 2.

1. Some Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.63]
2. About 2000 Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.58]
3. More than 3000 Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.49]
4. Less than 200 Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.46]
5. Less than 700 Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.46]
6. Almost Every Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.45]
7. About 1000 Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.45]
8. Almost none Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.44]
9. About half Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.43]
10. Over half Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.43]
11. Over three quaters Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.43]
12. Above 6000 Earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.36]

Tabela 2. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla jednego atrybutu: *Climate zone: temperate zone*

nr	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T
1	1.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.00	0.00	1.00	0.63
2	0.62	0.76	0.24	0.00	1.00	0.92	0.94	0.80	0.00	0.00	1.00	0.58
3	0.27	0.76	0.24	0.00	1.00	0.81	0.83	0.80	0.00	0.00	1.00	0.49
4	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.98	0.98	0.80	0.00	0.00	1.00	0.46
5	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.95	0.96	0.80	0.00	0.00	1.00	0.46
6	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.90	0.92	0.80	0.00	0.00	1.00	0.45
7	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.89	0.92	0.80	0.00	0.00	1.00	0.45
8	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.82	0.92	0.80	0.00	0.00	1.00	0.44
9	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.82	0.84	0.80	0.00	0.00	1.00	0.43
10	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.00	0.00	1.00	0.43
11	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.00	0.00	1.00	0.43
12	0.00	0.76	0.24	0.00	1.00	0.35	0.36	0.80	0.00	0.00	1.00	0.36

Wszystkie podsumowania dla etykiety *Climate zone: temperate zone* składającej się na sumaryzator mają wyniki miary T_2 równy 0.76. Porównując wyniki miar T_2 z tabel 1. i 2. można zauważyć, że sumaryzator *Earthquake's magnitude: moderate* jest bardziej ogólny niż *Climate zone: temperate zone*. Nośnik sumaryzatora dla etykiety *Climate zone: temperate zone* obejmuje więcej rekordów niż dla etykiety *Earthquake's magnitude: moderate*.

Wartość miary T_3 dla etykiety *Climate zone: temperate zone* składającej się na sumaryzator dla wszystkich podsumowań jest równa 0.24. W porównaniu z wartościami T_3 w tabeli 1. jest ona większa. Oznacza to, że więcej rekordów zostało objęte przez sumaryzator. Wyniki miary T_9 i T_{10} są równe 0. Jest to spowodowane tym, że kwalifikator obejmuje całą bazę danych, przez co jest bardzo ogólny.

Jedynie dla podsumowania o numerze 12 miary T_6 i T_7 są niższe w porównaniu do pozostałych podsumowaniach. Kwantyfikator użyty w podsumowaniu o numerze 12 jest zbyt ogólny. Można zauważyć że dla etykiety *Earthquake's magnitude: moderate* najgorsze podsumowanie ma taki sam kwantyfikator jak najgorsze podsumowanie dla etykiety *Climate zone: temperate zone*.

4.4. Podsumowanie lingwistyczne jednopodmiotowe dla dwóch atrybutów: *Groups of continents: Oceania* i *Earthquake magnitue: light*

Dla atrybutów *Groups of continents: Oceania* i *Earthquake magnitue: light* otrzymano

48 podsumowań lingwistycznych jednopodmiotowych z których wybrano pierwsze 18. Są one uporządkowane malejąco względem miary T , otrzymane wyniki dla poszczególnych miar jakości przedstawione są w Tabeli 3.

1. Over half Earthquakes which are Group of continents: Oceania have Ear-

- thquake's magnitude: light [0.70]
2. Some Earthquakes which are Earthquake's magnitude: light have Group of continents: Oceania [0.66]
 3. Some Earthquakes have Group of continents: Oceania [0.63]
 4. More than 3000 Earthquakes have Group of continents: Oceania [0.63]
 5. Over three quaters Earthquakes have Earthquake's magnitude: light [0.58]
 6. About 2000 Earthquakes have Group of continents: Oceania and have Earthquake's magnitude: light [0.57]
 7. Some Earthquakes have Group of continents: Oceania and have Earthquake's magnitude: light [0.53]
 8. Almost Every Earthquakes which are Group of continents: Oceania have Earthquake's magnitude: light [0.52]
 9. Above 6000 Earthquakes have Earthquake's magnitude: light [0.51]
 10. Almost none Earthquakes which are Group of continents: Oceania have Earthquake's magnitude: light [0.50]
 11. Some Earthquakes which are Group of continents: Oceania have Earthquake's magnitude: light [0.50]
 12. About half Earthquakes which are Group of continents: Oceania have Earthquake's magnitude: light [0.50]
 13. Over three quaters Earthquakes which are Group of continents: Oceania have Earthquake's magnitude: light [0.50]
 14. Almost Every Earthquakes which are Earthquake's magnitude: light have Group of continents: Oceania [0.47]
 15. Less than 200 Earthquakes have Group of continents: Oceania [0.46]
 16. Almost none Earthquakes which are Earthquake's magnitude: light have Group of continents: Oceania [0.46]
 17. About half Earthquakes which are Earthquake's magnitude: light have Group of continents: Oceania [0.46]
 18. Over half Earthquakes which are Earthquake's magnitude: light have Group of continents: Oceania [0.46]

Tabela 3. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla dwóch atrybutów: *Earthquake's magnitude: light*, *Group of continents: Oceania*

nr	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T
1	1.00	0.15	0.73	0.12	1.00	0.77	0.81	0.22	0.69	0.74	1.00	0.70
2	1.00	0.69	0.27	0.04	1.00	0.77	0.81	0.74	0.15	0.22	1.00	0.66
3	1.00	0.69	0.31	0.00	1.00	0.77	0.81	0.74	0.00	0.00	1.00	0.63
4	1.00	0.69	0.31	0.00	1.00	0.81	0.83	0.74	0.00	0.00	1.00	0.63
5	1.00	0.15	0.85	0.00	1.00	0.77	0.81	0.22	0.00	0.00	1.00	0.58
6	1.00	0.49	0.23	0.05	0.50	0.92	0.94	0.55	0.00	0.00	1.00	0.57
7	0.90	0.49	0.23	0.05	0.50	0.77	0.81	0.55	0.00	0.00	1.00	0.53
8	0.00	0.15	0.73	0.12	1.00	0.90	0.92	0.22	0.69	0.74	1.00	0.52
9	1.00	0.15	0.85	0.00	1.00	0.35	0.36	0.22	0.00	0.00	1.00	0.51
10	0.00	0.15	0.73	0.12	1.00	0.82	0.84	0.22	0.69	0.74	1.00	0.50
11	0.00	0.15	0.73	0.12	1.00	0.82	0.84	0.22	0.69	0.74	1.00	0.50
12	0.00	0.15	0.73	0.12	1.00	0.82	0.84	0.22	0.69	0.74	1.00	0.50
13	0.00	0.15	0.73	0.12	1.00	0.82	0.84	0.22	0.69	0.74	1.00	0.50
14	0.00	0.69	0.27	0.04	1.00	0.90	0.92	0.74	0.15	0.22	1.00	0.47
15	0.00	0.69	0.31	0.00	1.00	0.98	0.98	0.74	0.00	0.00	1.00	0.46
16	0.00	0.69	0.27	0.04	1.00	0.82	0.84	0.74	0.15	0.22	1.00	0.46
17	0.00	0.69	0.27	0.04	1.00	0.77	0.81	0.74	0.15	0.22	1.00	0.46
18	0.00	0.69	0.27	0.04	1.00	0.77	0.81	0.74	0.15	0.22	1.00	0.46

Wartość miary T_2 dla podsumowań o numerach 6, 7 wynosi 0.49, dla podsumowań o numerach 1, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13 wynosi 0.15 a dla reszty jest równa 0.69. Dla podsumowań których wartość miary T_2 jest równa 0.15 etykietą składającą się na sumaryzator jest *Earthquake's magnitude: light*. Oznacza to, że nośnik sumaryzatora jest zbyt „szeroki”, sumaryzator obejmuje za dużo rekordów. Z kolei podsumowania z etykietą składającą się na sumaryzator *Group of continents: Oceania* mają wyższe wyniki co sugeruje, że nośnik sumaryzatora jest „węższy”, obejmuje mniej rekordów.

Wartość miary T_3 sugerują że podsumowania w których kwalifikatorem jest etykieta *Earthquake's magnitude: light* a sumaryzatorem *Group of continents: Oceania* mniej się pokrywają.

Wartości miary T_4 są niskie. Mimo że sumaryzatory obejmują stosunkowo dużo rekordów, to w relacji z miarą T_3 , miara ta osiąga niską wartość. Jedynie podsumowanie o numerze 9 ma niskie wartości dla miar T_6 i T_7 . Tak jak w przypadku podsumowania o numerze 12 z tabeli 1. wybrany kwantyfiaktor jest zbyt ogólny.

Wartości miary T_9 dla podsumowań o numerach 1, 8, 10, 11, 12, 13 wynoszą 0.69, dla podsumowań o numerach 2, 14, 16, 17, 18 są to 0.15 a dla reszty 0.00. Wartości miary T_{10} dla podsumowań o numerach 1, 8, 10, 11, 12, 13 wynoszą 0.74, dla podsumowań o numerach 2, 14, 16, 17, 18 są to 0.22 a dla reszty 0.00 - są to zdania w 1 formie. Wyższe wartości miary T_9 i T_{10} miały podsumowania których kwalifikatorem jest *Group of continents: Oceania*.

4.5. Podsumowanie lingwistyczne jednopodmiotwe dla dwóch atrybutów: *Depth of an earthquake: shallow* i *Origin: Crust*

Dla atrybutów *Depth of an earthquake: shallow* i *Origin: Crust* otrzymano 48 podsumowań lingwistycznych jednopodmiotowych z których wybrano pierwsze 18. Są one uporządkowane malejąco względem miary T , otrzymane wyniki dla poszczególnych miar jakości przedstawione są w Tabeli 4.

1. Over half Earthquakes which are Origin: Crust have Depth of an earthquake: shallow [0.60]
2. Over three quaters Earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow have Origin: Crust [0.60]
3. Over half Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow and have Origin: Crust [0.53]
4. Over half Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.52]
5. Above 6000 Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.52]
6. Almost Every Earthquakes have Origin: Crust [0.50]
7. Above 6000 Earthquakes have Origin: Crust [0.50]
8. Over three quaters Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.46]
9. Over three quaters Earthquakes have Origin: Crust [0.46]
10. Above 6000 Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow and have Origin: Crust [0.46]
11. Almost Every Earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow have Origin: Crust [0.45]
12. Less than 200 Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.42]
13. Less than 700 Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.42]
14. Almost Every Earthquakes which are Origin: Crust have Depth of an earthquake: shallow [0.42]
15. Almost none Earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow have Origin: Crust [0.42]
16. Almost Every Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.41]

17. About 1000 Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.41]
18. About 2000 Earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.41]

Tabela 4. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla dwóch atrybutów: *Depth of an earthquake: shallow*, *Origin: Crust*

nr	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
1	1.00	0.23	0.76	0.01	1.00	0.77	0.81	0.28	0.04	0.08	1.00	0.60
2	0.91	0.04	0.95	0.01	1.00	0.77	0.81	0.08	0.23	0.28	1.00	0.60
3	1.00	0.14	0.73	0.01	0.50	0.77	0.81	0.18	0.00	0.00	1.00	0.53
4	0.65	0.23	0.77	0.00	1.00	0.77	0.81	0.28	0.00	0.00	1.00	0.52
5	1.00	0.23	0.77	0.00	1.00	0.35	0.36	0.28	0.00	0.00	1.00	0.52
6	0.57	0.04	0.94	0.00	1.00	0.90	0.92	0.08	0.00	0.00	1.00	0.50
7	1.00	0.04	0.96	0.00	1.00	0.35	0.36	0.08	0.00	0.00	1.00	0.50
8	0.35	0.23	0.77	0.00	1.00	0.77	0.81	0.28	0.00	0.00	1.00	0.46
9	0.43	0.04	0.96	0.00	1.00	0.77	0.81	0.08	0.00	0.00	1.00	0.46
10	1.00	0.14	0.73	0.01	0.50	0.35	0.36	0.18	0.00	0.00	1.00	0.46
11	0.09	0.04	0.95	0.01	1.00	0.90	0.92	0.08	0.23	0.28	1.00	0.45
12	0.00	0.23	0.77	0.00	1.00	0.98	0.98	0.28	0.00	0.00	1.00	0.42
13	0.00	0.23	0.77	0.00	1.00	0.95	0.96	0.28	0.00	0.00	1.00	0.42
14	0.00	0.23	0.76	0.01	1.00	0.90	0.92	0.28	0.04	0.08	1.00	0.42
15	0.00	0.04	0.95	0.01	1.00	0.82	0.84	0.08	0.23	0.28	1.00	0.42
16	0.00	0.23	0.77	0.00	1.00	0.90	0.92	0.28	0.00	0.00	1.00	0.41
17	0.00	0.23	0.77	0.00	1.00	0.89	0.92	0.28	0.00	0.00	1.00	0.41
18	0.00	0.23	0.77	0.00	1.00	0.92	0.94	0.28	0.00	0.00	1.00	0.41

Wybrane etykiety do eksperymentu powinny wykazywać, że są ze sobą powiązane. Etykiety *Depth of an earthquake: shallow* i *Origin: Crust* definiują na jakiej głębokości wystąpiło trzęsienie ziemi. Większość podsumowań posiada za kwalifikator etykiety *Depth of an earthquake: shallow* oraz w przypadku 1 formy częściej pojawia się etykieta *Depth of an earthquake: shallow*.

Wartości miary T_2 są niskie, maksymalna wartość to 0.23. Dla tych przypadków etykieta składająca się na sumaryzator jest *Depth of an earthquake: shallow*. Gorsze wyniki daje sumaryzator na który składa się etykieta *Origin: Crust*. Oba nośniki sumaryzatorów są ogólne, lepszy jest jednak sumaryzator składający się z etykiety *Depth of an earthquake: shallow*.

Wartości miary T_3 są wysokie, nie spadają poniżej 0.73. Oznacza to, że wybrane etykiety są ze sobą powiązane, sumaryzator zbliża się swoim wyborem do kwalifikatora. Jest to również zgodne z prawdą ponieważ warstwa ziemi nazywana jako *Crust* może osiągać głębokość do 40 km, co w kontekście głębokości, na której doszło do trzęsienia ziemi oznacza płytką głębokość [30].

Dla miar T_9 i T_{10} wartości są bardzo małe. Wybrane etykiety *Depth of an earthquake: shallow* oraz *Origin: Crust* są zbyt ogólne jako kwalifikatory.

4.6. Podsumowanie lingwistyczne jednopodmiotwe dla trzech atrybutów: *Depth error: trivial*, *Origin: Crust* i *Earthquake magnitude: minor*

Dla atrybutów *Depth error: trivial*, *Origin: Crust* i *Earthquake magnitude: minor* wygenerowano 156 podsumowań lingwistycznych jednopodmiotowych z których wybrano pierwsze 18. Są one uporządkowane malejąco względem miary T , otrzymane wyniki dla poszczególnych miar jakości przedstawione są w Tabeli 5.

1. Almost Every Earthquakes which are Earthquake's magnitude: minor have Origin: Crust [0.74]
2. Over three quaters Earthquakes which are Earthquake's magnitude: minor have Depth error: trivial [0.71]
3. Almost Every Earthquakes which are Earthquake's magnitude: minor and are Depth error: trivial have Origin: Crust [0.69]
4. Over three quaters Earthquakes which are Earthquake's magnitude: minor and are Origin: Crust have Depth error: trivial [0.67]
5. About 1000 Earthquakes have Earthquake's magnitude: minor [0.66]
6. Over three quaters Earthquakes which are Earthquake's magnitude: minor have Origin: Crust and have Depth error: trivial [0.66]
7. Almost none Earthquakes which are Origin: Crust have Earthquake's magnitude: minor [0.65]
8. Almost none Earthquakes which are Depth error: trivial have Earthquake's magnitude: minor [0.65]
9. Almost none Earthquakes have Earthquake's magnitude: minor [0.64]
10. Almost none Earthquakes which are Origin: Crust and are Depth error: trivial have Earthquake's magnitude: minor [0.62]
11. About 1000 Earthquakes have Earthquake's magnitude: minor and have Origin: Crust [0.58]
12. About 1000 Earthquakes have Earthquake's magnitude: minor and have Depth error: trivial [0.58]

13. Almost none Earthquakes which are Depth error: trivial have Earthquake's magnitude: minor and have Origin: Crust [0.58]
14. Almost none Earthquakes which are Origin: Crust have Earthquake's magnitude: minor and have Depth error: trivial [0.58]
15. Almost none Earthquakes have Earthquake's magnitude: minor and have Origin: Crust [0.57]
16. Almost none Earthquakes have Earthquake's magnitude: minor and have Depth error: trivial [0.57]
17. About 1000 Earthquakes have Earthquake's magnitude: minor and have Origin: Crust and have Depth error: trivial [0.54]
18. Over three quaters Earthquakes have Origin: Crust and have Depth error: trivial [0.53]

Tabela 5. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla trzech atrybutów: *Depth error: trivial*, *Origin: Crust*, *Earthquake's magnitude: minor*

nr	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T
1	1.00	0.04	1.00>	0.04	1.00	0.90	0.92	0.08	0.84	0.89	1.00	0.74
2	1.00	0.05	0.88	0.07	1.00	0.77	0.81	0.07	0.84	0.89	1.00	0.71
3	1.00	0.04	1.00>	0.04	1.00	0.90	0.92	0.08	0.98	0.67	0.50	0.69
4	1.00	0.04	0.88	0.03	0.50	0.77	0.81	0.08	0.84	0.89	1.00	0.67
5	1.00	0.84	0.16	0.00	1.00	0.89	0.92	0.89	0.00	0.00	1.00	0.66
6	1.00	0.04	0.88	0.01	0.50	0.77	0.81	0.08	0.84	0.89	1.00	0.66
7	1.00	0.84	0.17	0.01	1.00	0.82	0.84	0.89	0.04	0.08	1.00	0.65
8	1.00	0.84	0.15	0.01	1.00	0.82	0.84	0.89	0.05	0.07	1.00	0.65
9	1.00	0.84	0.16	0.00	1.00	0.82	0.84	0.89	0.00	0.00	1.00	0.64
10	1.00	0.84	0.16	>0.00	1.00	0.82	0.84	0.89	0.17	0.08	0.50	0.62
11	1.00	0.60	0.16	>0.00	0.50	0.89	0.92	0.67	0.00	0.00	1.00	0.58
12	1.00	0.60	0.15	0.02	0.50	0.89	0.92	0.67	0.00	0.00	1.00	0.58
13	1.00	0.60	0.15	0.01	0.50	0.82	0.84	0.67	0.05	0.07	1.00	0.58
14	1.00	0.60	0.15	0.01	0.50	0.82	0.84	0.67	0.04	0.08	1.00	0.58
15	1.00	0.60	0.16	>0.00	0.50	0.82	0.84	0.67	0.00	0.00	1.00	0.57
16	1.00	0.60	0.15	0.02	0.50	0.82	0.84	0.67	0.00	0.00	1.00	0.57
17	1.00	0.47	0.15	0.01	0.25	0.89	0.92	0.54	0.00	0.00	1.00	0.54
18	1.00	0.04	0.91	>0.00	0.50	0.77	0.81	0.08	0.00	0.00	1.00	0.53

Wszystkie podsumowania mają stopień prawdziwości równy 1.00. Najlepsze 4 podsumowania mają niską wartość miary T_2 . Wartość miary T_4 jest bardzo mała, nie przekracza 0.01.

Największe wartości miary T_8 są dla sumaryzatorów składających się z jed-

nej etykiety, są to podsumowania o numerach 5, 7, 8, 9, 10. Najgorszy wynik miary T_5 ma podsumowanie o numerze 17. Sumaryzator składa się z 3 sumaryzatorów, a niska wartość tej miary sugeruje, że im więcej cech chcemy spełnić tym bardziej „wybredne” będzie podsumowanie.

Z wyników miar T_9 i T_{10} wynika że najgorsze rezultaty daje kwalifikator złożony z etykiet *Depth error: trivial* i *Origin: Crust*

4.7. Podsumowanie lingwistyczne jednopodmiotwe dla czterech atrybutów: *Part of a day: morning*, *Climate zone: tropical zone*, *Groups of continents: Asia* i *Magnitude error: mean*

Dla atrybutów *Part of a day: morning*, *Climate zone: tropical zone*, *Groups of continents: Asia* i *Magnitude error: mean* wygenerowano 480 podsumowań lingwistycznych jednopodmiotowych z których wybrano pierwsze 18. Są one uporządkowane malejąco względem miary T , otrzymane wyniki dla poszczególnych miar jakości przedstawione są w Tabeli 6.

1. Some Earthquakes which are Part of a day: morning have Magnitude error: mean [0.75]
2. About half Earthquakes which are Part of a day: morning have Group of continents: Asia [0.73]
3. Some Earthquakes which are Part of a day: morning and are Climate zone: tropical zone have Magnitude error: mean [0.73]
4. Some Earthquakes which are Part of a day: morning and are Group of continents: Asia have Magnitude error: mean [0.73]
5. Some Earthquakes which are Group of continents: Asia have Part of a day: morning [0.71]
6. Some Earthquakes which are Group of continents: Asia and are Magnitude error: mean have Part of a day: morning [0.71]
7. Over half Earthquakes which are Part of a day: morning and are Group of continents: Asia have Climate zone: tropical zone [0.71]
8. About half Earthquakes which are Part of a day: morning and are Magnitude error: mean have Group of continents: Asia [0.71]
9. Some Earthquakes which are Climate zone: tropical zone have Part of a day: morning [0.70]
10. Some Earthquakes which are Climate zone: tropical zone and are Group of continents: Asia have Part of a day: morning [0.70]

11. Some Earthquakes which are Magnitude error: mean have Part of a day: morning [0.70]
12. Some Earthquakes which are Climate zone: tropical zone and are Magnitude error: mean have Part of a day: morning [0.70]
13. Some Earthquakes which are Climate zone: tropical zone and are Group of continents: Asia and are Magnitude error: mean have Part of a day: morning [0.70]
14. Over half Earthquakes which are Group of continents: Asia have Climate zone: tropical zone [0.70]
15. Over half Earthquakes which are Group of continents: Asia and are Magnitude error: mean have Climate zone: tropical zone [0.70]
16. Over half Earthquakes which are Part of a day: morning and are Group of continents: Asia and are Magnitude error: mean have Climate zone: tropical zone [0.70]
17. Over half Earthquakes which are Climate zone: tropical zone and are Magnitude error: mean have Group of continents: Asia [0.70]
18. Over half Earthquakes which are Part of a day: morning and are Climate zone: tropical zone and are Magnitude error: mean have Group of continents: Asia [0.70]

Tabela 6. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla czterech atrybutów: *Part of a day: morning*, *Climate zone: tropical zone*, *Groups of continents: Asia* i *Magnitude error: mean*

nr	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T
1	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.77	0.81	0.84	0.72	0.80	1.00	0.75
2	1.00	0.49	0.51	>0.00	1.00	0.77	0.81	0.55	0.72	0.80	1.00	0.73
3	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.77	0.81	0.84	0.98	0.67	0.50	0.73
4	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.77	0.81	0.84	0.98	0.70	0.50	0.73
5	1.00	0.72	0.28	>0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.49	0.55	1.00	0.71
6	1.00	0.72	0.28	>0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.74	0.73	0.50	0.71
7	1.00	0.45	0.64	0.09	1.00	0.77	0.81	0.46	0.98	0.70	0.50	0.71
8	1.00	0.49	0.51	>0.00	1.00	0.77	0.81	0.55	0.92	0.82	0.50	0.71
9	1.00	0.72	0.28	>0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.45	0.46	1.00	0.70
10	1.00	0.72	0.27	0.01	1.00	0.77	0.81	0.80	0.92	0.51	0.50	0.70
11	1.00	0.72	0.28	0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.00	0.84	1.00	0.70
12	1.00	0.72	0.28	>0.00	1.00	0.77	0.81	0.80	0.70	0.71	0.50	0.70
13	1.00	0.72	0.27	0.01	1.00	0.77	0.81	0.80	0.98	0.66	0.25	0.70
14	1.00	0.45	0.65	0.11	1.00	0.77	0.81	0.46	0.49	0.55	1.00	0.70
15	1.00	0.45	0.65	0.11	1.00	0.77	0.81	0.46	0.74	0.73	0.50	0.70
16	1.00	0.45	0.64	0.09	1.00	0.77	0.81	0.46	1.00>	0.76	0.25	0.70
17	1.00	0.49	0.60	0.10	1.00	0.77	0.81	0.55	0.70	0.71	0.50	0.70
18	1.00	0.49	0.59	0.08	1.00	0.77	0.81	0.55	1.00>	0.74	0.25	0.70

Z pośród 4 najlepszych podsumowań 3 mają wynik miary T_2 równe 0. Etykiety składające się na sumaryzator to *Groups of continents: Asia* i *Magnitude error: mean*. Oznacza to że sumaryzator złożony z tych dwóch etykiet jest ogólny.

Wartości miar T_9 i T_{10} są wysokie. W przypadku podsumowania numer 11 widzimy ogromną różnicę między miarami T_9 i T_{10} . Przyczyną takiej rozbieżności jest specyfika funkcji Gaussa. Liczba elementów nośnika zbioru rozmytego o takiej funkcji przynależności może być bardzo duża, choć wartości tej funkcji będą bliskie zeru.

Wszystkie podsumowania zawarte w tabeli 6 posiadają sumaryzator złożony z jednej etykiety. Podsumowania o numerach 3 i 4 różnią się jedynie etykietą składającą się na sumaryzator, a mają te same wartości miary T_9 . Tymi etykietami są *Groups of continents: Asia* i *Climate zone: tropical zone*. Oznacza to, że obie etykiety opisują praktycznie te same rekordy z bazy.

5. Wielopodmiotowe podsumowania lingwistyczne i ich miary jakości

Wszystkie obiekty w bazie danych zostały podzielona na dwa rozłączne podzbiory *Short-Period earthquakes* oraz *Local earthquakes* względem atrybutu nominalnego *magType* oznaczającego typ zgłaszanego trzęsienia ziemi

[28].

Zbiór obiektów podmiotu *Short-Period* zawiera trzęsienia ziemi rejestrowane jako typ o krótkim okresie fali, zawiera on 11919 rekordów.

Zbiór obiektów podmiotu *Local earthquakes* zawiera trzęsienia ziemi rejestrowane jako lokalne, zawiera on 2034 rekordów. Otrzymane wielopodmiotowe podsumowania lingwistyczne zawierają formy od 1 do 4 [1].

<i>Short-Period earthquakes</i> - trzęsienia ziemi o krótkim okresie fali	11919
<i>Local earthquakes</i> - lokalne trzęsienia ziemi	2034
Suma	13953

Każde wygenerowane wielopodmiotowe podsumowanie lingwistyczne posiada obliczoną miarę jakości stopnia prawdziwości T_1 [1]. Dla 4 formy wielopodmiotowego podsumowania lingwistycznego przy obliczaniu stopnia prawdziwości dla inkluzji rozmytej została użyta implikacja rozmyta Łukasiewicza [1].

5.1. Podsumowanie lingwistyczne wielopodmiotowe dla dwóch atrybutów: *Climate zone: temperate zone, Groups of continents: Africa and Europe*

Dla atrybutów *Climate zone: temperate zone* i *Groups of continents: Africa and Europe* wygenerowano podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe z których wybrano najlepsze 18. Są one uporządkowane malejąco względem miary T .

1. Some Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Climate zone: temperate zone [1.00]
2. Over three quaters Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Climate zone: temperate zone [1.00]
3. Almost none Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Group of continents: Africa and Europe [1.00]
4. Almost none Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Climate zone: temperate zone and have Group of continents: Africa and Europe [1.00]
5. Almost Every Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Climate zone: temperate zone and have Group of continents: Africa and Europe [1.00]
6. Almost none Short-Period earthquakes which are Group of continents: Africa and Europe in compare to Local earthquakes have Climate zone: temperate zone [1.00]
7. Almost none Local earthquakes which are Group of continents: Africa and Europe in compare to Short-Period earthquakes have Climate zone:

temperate zone [1.00]

8. Almost Every Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Group of continents: Africa and Europe have Climate zone: temperate zone [1.00]
9. Almost none Local earthquakes which are Climate zone: temperate zone in compare to Short-Period earthquakes have Group of continents: Africa and Europe [1.00]
10. Over three quaters Short-Period earthquakes which are Climate zone: temperate zone in compare to Local earthquakes have Group of continents: Africa and Europe [1.00]
11. Almost Every Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Climate zone: temperate zone have Group of continents: Africa and Europe [1.00]
12. Almost Every Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Group of continents: Africa and Europe [0.64]
13. Over three quaters Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Group of continents: Africa and Europe have Climate zone: temperate zone [0.64]
14. Almost none Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Climate zone: temperate zone have Group of continents: Africa and Europe [0.63]
15. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Climate zone: temperate zone [0.45]
16. Some Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Climate zone: temperate zone have Group of continents: Africa and Europe [0.37]
17. Over three quaters Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Group of continents: Africa and Europe [0.36]
18. Almost Every Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Group of continents: Africa and Europe have Climate zone: temperate zone [0.36]

Większość podsumowań ma bardzo wysokie miary stopnia prawdziwości. Najniższa miara stopnia prawdziwości jest równa 0.36. Jedyne podsumowanie numer 15 jest w czwartej formie. W większości podsumowań występują kwantyfikatory "Almost Every" oraz "Almost none".

5.2. Podsumowanie lingwistyczne wielopodmiotowe dla dwóch atrybutów: *Depth of an earthquake: shallow*, *Magnitude error: minimal*

Dla atrybutów *Depth of an earthquake: shallow* i *Magnitude error: minimal* wygenerowano podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe z których wybrano najlepsze 18. Są one uporządkowane malejąco względem miary T .

1. About half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [1.00]
2. Over half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [1.00]
3. About half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Magnitude error: minimal [1.00]
4. About half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Magnitude error: minimal [1.00]
5. About half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Depth of an earthquake: shallow and have Magnitude error: minimal [1.00]
6. Over half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Depth of an earthquake: shallow and have Magnitude error: minimal [1.00]
7. About half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Magnitude error: minimal have Depth of an earthquake: shallow [1.00]
8. About half Short-Period earthquakes which are Magnitude error: minimal in compare to Local earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [1.00]
9. Over half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Magnitude error: minimal have Depth of an earthquake: shallow [1.00]
10. About half Short-Period earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow in compare to Local earthquakes have Magnitude error: minimal [1.00]
11. About half Local earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow in compare to Short-Period earthquakes have Magnitude error: minimal [1.00]
12. Over half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow have Magnitude error: mini-

mal [0.97]

13. About half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow have Magnitude error: minimal [0.86]
14. Over half Local earthquakes which are Magnitude error: minimal in compare to Short-Period earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.21]
15. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.21]
16. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Depth of an earthquake: shallow and have Magnitude error: minimal [0.14]
17. About half Local earthquakes which are Magnitude error: minimal in compare to Short-Period earthquakes have Depth of an earthquake: shallow [0.03]
18. Over half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Depth of an earthquake: shallow have Magnitude error: minimal [0.01]

Ostatnie 2 podsumowania mają bardzo niski stopień prawdziwości. Najczęściej pojawiają się kwantyfikatory *About half* albo *Over half*, co pokazuje zależność między cechami. Wystąpiły dwa podsumowania w 4 formie, z których jedno jest lustrzanym odbiciem drugiego. Dla tych podsumowań stopień prawdziwości jest niewielki, co oznacza wysoki stopień inkluzji zbiorów.

5.3. Podsumowanie lingwistyczne wielopodmiotowe dla dwóch atrybutów: *Time travel residual: low*, *Origin: Crust*

Dla atrybutów *Time travel residual: low* i *Origin: Crust* wygenerowano podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe z których wybrano najlepsze 18. Są one uporządkowane malejąco względem miary T .

1. About half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Origin: Crust [1, 00]
2. Over half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Time travel residual: low [1, 00]
3. Over half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Origin: Crust and have Time travel residual: low [1, 00]

4. Some Short-Period earthquakes which are Time travel residual: low in compare to Local earthquakes have Origin: Crust [1, 00]
5. About half Local earthquakes which are Time travel residual: low in compare to Short-Period earthquakes have Origin: Crust [1, 00]
6. Over half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Time travel residual: low have Origin: Crust [1, 00]
7. Over three quaters Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Time travel residual: low have Origin: Crust [1, 00]
8. Over half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes which are Origin: Crust have Time travel residual: low [1, 00]
9. Over half Local earthquakes which are Origin: Crust in compare to Short-Period earthquakes have Time travel residual: low [1, 00]
10. Some Short-period earthquakes in compare to Local earthquakes have Origin: Crust and have Time travel residual: low [0.97]
11. Some Short-Period earthquakes which are Origin: Crust in compare to Local earthquakes have Time travel residual: low [0.97]
12. About half Local earthquakes in compare to Short-Period earthquakes have Origin: Crust [0.91]
13. Some Short-period earthquakes in compare to Local earthquakes have Time travel residual: low [0.59]
14. Some Short-period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Origin: Crust have Time travel residual: low [0.59]
15. About half Short-Period earthquakes in compare to Local earthquakes have Time travel residual: low [0.41]
16. About half Short-period earthquakes in compare to Local earthquakes which are Origin: Crust have Time travel residual: low [0.41]
17. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Origin: Crust and have Time travel residual: low [0.30]
18. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Time travel residual: low [0.28]

Przedstawione podsumowania mają wysoką miarę stopnia prawdziwości. Podsumowania numer 17 oraz 18 są w 4 formie. W porównaniu do podsumo-

wań w 4 formie z poprzednich eksperymentów, ich stopnie prawdziwości są wyższe i wynoszą 0.30 dla podsumowania o numerze 17 i 0.28 dla podsumowania o numerze 18. Oba te podsumowania dotyczą podmiotu *Short-Period earthquakes*. Wśród wybranych podsumowań nie ma „lustrzanych odbić”, względem posumowań numer 17 i 18 co oznacza że ich stopień prawdziwości jest minimalny.

5.4. Podsumowanie lingwistyczne wielopodmiotowe w 4 formie

Dla etykiet *Origin: Crust* i *Earthquake magnitue: minor* oraz *Climate zone: tropical zone* i *Groups of continents: Oceania* zostały wygenerowane wyłącznie podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe w 4 formie. Podsumowania lingwistyczne wielopodmiotowe w formie 4 pozwalają porównać dwa wybrane zbiory podmiotów *Short-Period earthquakes* i *Local earthquakes* posiadających wspólną cechę.

Wyniki dla atrybutów: *Origin: Crust* i *Earthquake magnitue: minor*:

1. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Earthquake's magnitude: minor [0.74]
2. More Local earthquakes than Short-Period earthquakes have Earthquake's magnitude: minor [0.00]
3. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Origin: Crust [0.09]
4. More Local earthquakes than Short-Period earthquakes have Origin: Crust [0.00]
5. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Earthquake's magnitude: minor and have Origin: Crust [0.74]
6. More Local earthquakes than Short-Period earthquakes have Earthquake's magnitude: minor and have Origin: Crust [0.00]

Podsumowania o numerach 5 i 6 różnią się pod względem stopnia prawdziwości. W tym przypadku widzimy, że dla trzęsień ziemi typu *Short-Period earthquake* wartość stopnia prawdziwości jest większa. Oznacza to, że więcej trzęsień ziemi typu *Short-Period earthquake* niż typu *Local earthquakes* spełnia zależność zdefiniowaną sumaryzatorem. Wynik na poziomie 0.74 oznacza niewielką inkluzję zbiorów.

Wyniki dla atrybutów: *Climate zone: tropical zone* i *Groups of continents: Oceania*:

1. More Local earthquakes than Short-Period earthquakes have Climate zone: tropical zone [0.51]
2. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Climate zone: tropical zone [0.00]
3. More Local earthquakes than Short-Period earthquakes have Group of continents: Oceania [0.00]
4. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Group of continents: Oceania [0.28]
5. More Local earthquakes than Short-Period earthquakes have Climate zone: tropical zone and have Group of continents: Oceania [0.08]
6. More Short-Period earthquakes than Local earthquakes have Climate zone: tropical zone and have Group of continents: Oceania [0.00]

Najwyższy stopień prawdziwości osiągnęło podsumowanie o numerze 1, odwrotnie niż poprzednio tym razem trzęsienia ziemi o typie *Local earthquakes* spełniają lepiej zależność niż te o typie *Short-Period earthquakes*.

6. Dyskusja, wnioski

Wnioski – podsumowania jednopodmiotowe:

- Jedno z najlepszych podsumowań, informuje o tym, że w zbiorze było poniżej 200 trzęsień ziemi o sile pomiędzy 6 a 7 w skali Richtera. Wartość ta jest zgodna z oczekiwaniami, gdyż sejsmolodzy szacują, że rocznie wykrywa się między 100, a 150 trzęsień o takiej sile.
- Dla atrybutów *Depth of an earthquake: shallow* i *Origin: Crust* otrzymano informację, że takich sytuacji są ponad 3/4. Jest to oczekiwany wynik, w związku z tym, że trzęsienia ziemi „płytkie” powinny odbyć się w górnej części skorupy ziemskiej.
- Wyniki miar jakości T_5 i T_{11} osiągają jedynie kolejne wartości potęg 1/2 w związku z czym ich wagi powinny być mniejsze, aby wartości miary T nie były sztucznie zawyżane.
- Wyniki miar T_9 i T_{10} równe 0.00 często oznaczają, że kwalifikatorem są wszystkie rekordy w bazie danych.
- Wynik miary jakości T_5 równy 1.00 oznacza pojedynczy sumaryzator.
- Wynik miary jakości T_{11} równy 1.00 oznacza pojedynczy kwalifikator, w szczególności, dla podsumowań w pierwszej formie – pełną bazę danych.
- Zaproponowane wagi (rys.31) dosyć dobrze reprezentują poszczególne miary. Najlepsze wyniki mają wysoki stopień prawdziwości, jednakże nie jest to miara, która ściśle określa kolejność.
- Zaproponowane wagi (rys.31) sprawiają również, że ciężko stwierdzić czy lepsze są podsumowania w pierwszej formie, czy też w drugiej. Wpływ na to mają przede wszystkim miary T_9 i T_{10} dotyczące kwalifikatora, które

- w przypadku gdy kwalifikator jest pełną bazą się zerują, ale także miary T_3 i T_4 , które są uzależnione zarówno od sumaryzatora, jak i od kwalifikatora.
- Kwantyfikator *Above 6000* jest zbyt ogólny. Miary T_6 i T_7 tego kwantyfikatora, znacząco odstają od pozostałych i mają negatywny wpływ na miarę podsumowania optymalnego T . Widać to w tabelach 1 i 2, gdzie miara podsumowania optymalnego T była najgorsza dla przypadku z tym kwantyfikatorem, w dodatku znacząco odbiegała od pozostałych najgorszych o około 0.07 – –0.08.
 - Dodawanie kolejnych atrybutów na ogół zmniejsza liczbę rekordów, które spełniają postawione warunki, co jest pokazane przez wyższe wyniki stopnia prawdziwości dla kwantyfikatorów *Less than 200* i *Almost none* w przypadku podsumowań z 3 atrybutami.
 - Zbyt ogólnie dobrane sumaryzatory i kwalifikatory mają negatywny wpływ na miarę T . Widzimy to zestawiając wyniki z eksperymentu 1 i eksperymentu 2, które dotyczyły podsumowań w pierwszej formie (a zatem z ogólnym kwalifikatorem, stanowiącym całą bazę danych) z wynikami z eksperymentu 4.6 i eksperymentu 6.

Wnioski – podsumowania dwupodmiotowe:

- Wyniki podsumowań w IV formie są na ogół niskie, co oznacza wysoki stopień inkluzji zbiorów. Jest to zbieżne z oczekiwaniami, gdyż większość wykrywanych trzęsień ziemi jest do siebie zbliżona pod kątem ich charakterystyki, a wszelkie odchylenia okazują się niknąć, w obliczu dużej liczby danych. Jedynie przypadek trzęsień ziemi o sile określonej etykiety *minor*, pozwolił na osiągnięcie satysfakcjonujących rezultatów.
- Z uwagi na brak pozostałych miar jakości podsumowań lingwistycznych, wyniki podsumowań często osiągają wartość 1, z uwagi na zgodny dobór cech, jak również niedostatecznie dużą liczbę uwzględnionych cech.
- Najlepsze wyniki osiągane są dla kwantyfikatorów *About half* i *Over half*. Pokazuje to, iż pomimo znacznej rozbieżności w liczności zbiorów, wartości funkcji przynależności spełniające określone cechy dla wszystkich obiektów są do siebie zbliżone. To jednocześnie oznacza, że trzęsienia ziemi o krótkim okresie, są cięższe do zdefiniowania, a ich rozbieżność większa.

Spis rysunków

1. Przykładowe rekordy bazy danych	2
2. Diagram związków encji	3
3. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Part of a day</i>	5
4. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Climate Zone</i>	6
5. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Group of continets</i>	7
6. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Depth of an earthquake</i>	8
7. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Earthquake's magnitude</i>	10

8. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Groups of quality</i>	11
9. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Origin</i>	12
10. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Time Travel Residuals</i>	13
11. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Time Travel Residuals</i> , przybliżenie na funkcje przynależności	13
12. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Horizontal error</i>	14
13. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Horizontal error</i> , przybliżenie na funkcje przynależności	15
14. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Depth error</i> .	16
15. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Depth error</i> , przybliżenie na funkcje przynależności	16
16. Wykres funkcji przynależności dla zmiennej lingwistycznej <i>Magnitude error</i>	17
17. Wykres funkcji przynależności dla kwantyfikatorów relatywnych	19
18. Wykres funkcji przynależności dla kwantyfikatorów absolutnych	20
19. Diagram pakietów programu	21
20. Diagram klas – pakiet <i>database</i>	22
21. Diagram klas – pakiet <i>universeOfDiscourse</i>	23
22. Diagram klas – pakiet <i>functions</i>	23
23. Diagram klas – pakiet <i>set</i>	24
24. Diagram klas – pakiet <i>variables</i>	25
25. Diagram klas – pakiet <i>oneSubject</i>	25
26. Diagram klas – pakiet <i>multiSubjects</i>	26
27. Diagram klas – pakiet <i>view</i>	27
28. Interfejs użytkownika – widok startowy	28
29. Interfejs użytkownika – przykładowy wybór ustawień	28
30. Interfejs użytkownika – przykładowe wyniki	29
31. Interfejs użytkownika – okno aplikacji dla użytkowników zaawansowanych	29

Spis tabel

1. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla jednego atrybutu: <i>Earthquake's magnitude: moderate</i>	31
2. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla jednego atrybutu: <i>Climate zone: temperate zone</i>	33
3. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla dwóch atrybutów: <i>Earthquake's magnitude: light, Group of continents: Oceania</i>	35
4. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla dwóch atrybutów: <i>Depth of an earthquake: shallow, Origin: Crust</i>	37
5. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla trzech atrybutów: <i>Depth error: trivial, Origin: Crust, Earthquake's magnitude: minor</i>	39
6. Miary jakości podsumowań jednopodmiotowych w pierwszej formie dla czterech atrybutów: <i>Part of a day: morning, Climate zone: tropical zone, Groups of continents: Asia i Magnitude error: mean</i>	42

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] „Earthquake Data 2010-2023 Latest”, W: Kaggle: Your Home For Data Science, data ostatniej modyfikacji: 1.05.2023, data dostępu 14.05.2023, <https://www.kaggle.com/datasets/rushikesh6548/earthquake-data-2010-2023-latest>
- [3] „ISO8601 – Date and time format”, W: ISO: International Organization for Standardization, data ostatniej modyfikacji: N/A, data dostępu 14.05.2023, <https://www.iso.org/iso-8601-date-and-time-format.html>
- [4] „*filtered_database.csv*” Komorowski Rafał. Presler Kamil, plik znajduje się w archiwum „Attachments.zip” , format pliku (csv)
- [5] „PostgreSQL Documentation”, W: PostgreSQL Documentation, data ostatniej modyfikacji: N/A, data dostępu 14.05.2023, <https://www.postgresql.org/docs/current/>
- [6] „ANSS Comprehensive Earthquake Catalog”, W: ANSS Comprehensive Earthquake Catalog , data ostatniej modyfikacji: N/A, data dostępu 14.05.2023, <https://earthquake.usgs.gov/data/comcat/index.php>
- [7] „Coordinated Universal Time”, W: Wikipedia: The Free Encyclopedia, data ostatniej modyfikacji: 8.05.2023, data dostępu 14.05.2023, https://en.wikipedia.org/wiki/Coordinated_Universal_Time
- [8] „Parts of the Day: Early morning, late morning, etc.”, W: The Britannica Dictionary, data dostępu 12.05.2023, <https://www.britannica.com/dictionary/eb/qa/parts-of-the-day-early-morning-late-morning-etc>
- [9] „Południk zerowy”, W: Wikipedia: wolna encyklopedia, data ostatniej modyfikacji: 14.09.2022, data dostępu 14.05.2023, https://pl.wikipedia.org/wiki/Po%C5%82udnik_zerowy
- [10] „Richter magnitude scale”, W: Wikipedia: The Free Encyclopedia, data ostatniej modyfikacji: 12.05.2023, data dostępu 14.05.2023, https://en.wikipedia.org/wiki/Richter_magnitude_scale
- [11] Using Small, Temporary Seismic Networks for Investigating Tectonic Deformation: Brittle Deformation and Evidence for Strike-Slip Faulting in Bhutan. Seismological Research Letters. 78. 446-453. 10.1785/gssrl.78.4.446, data dostępu 14.05.2023 https://www.researchgate.net/publication/235965976_Using_Small_Temporary_Seismic_Networks_for_Investigating_Tectonic_Deformation_Brittle_Deformation_and_Evidence_for_Strike-Slip_Faulting_in_Bhutan
- [12] S. Zadrozny, Zapytania nieprecyzyjne i lingwistyczne podsumowania baz danych, EXIT, 2006, Warszawa
- [13] A. Niewiadomski, Methods for the Linguistic Summarization of Data: Applications of Fuzzy Sets and Their Extensions, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2008.
- [14] Earthquake Hazards Program, [online], USGS.gov, 2022 [dostęp 13 maja 2023]. Dostępny w Internecie: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/determining-depth-earthquake>
- [15] A. A. Velasco, V. L. Gee, C. Rowe, D. Grujic, L. S. Hollister, D. Hernandez, K. C. Miller, T. Tobgay, M. Fort, and S. Harder, „Using Small, Temporary Seismic Networks for Investigating Tectonic Defor-

- mation: Brittle Deformation and Evidence for Strike-Slip Faulting in Bhutan”, data dostępu 14.05.2023 https://www.researchgate.net/publication/235965976_Using_Small_Temporary_Seismic_Networks_for_Investigating_Tectonic_Deformation_Brittle_Deformation_and_Evidence_for_Strike-Slip_Faulting_in_Bhutan
- [16] „Skale i skutki trzęsień ziemi” [online] , Państwowy Instytut Geodezyjny, data dostępu 12.05.2023, <https://www.pgi.gov.pl/mogepl-home/o-monitoringu-geodynamicznym/sejsmologia/9727-skale-i-skutki-trzesien-ziemi.html>
- [17] P.Bormann, E.Endgahl, R.Kind, „Seismic Wave Propagation and Earth models”, Grudzień 2012, data dostępu 14.05.2023 https://earthquake.tmd.gov.th/file_downloads/wave_interpret/PartChapter%202.pdf
- [18] Fred W. Klein , User’s Guide to HYPOINVERSE, a program for VAX and Professional 350 Computers to Solve for Earthquake Locations, U. S. Geological Survey 345 Middlefield Rd. Menlo Park CA 94025, <https://pubs.usgs.gov/of/1985/0515/report.pdf>
- [19] Our World: Continents, Oceans, and absolute location <https://www.wcpss.net/cms/lib/NC01911451/Centricity/Domain/3862/1%20Globe%20and%20Absolute%20Location.pdf>
- [20] Climate zones, <https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate/climate-explained/climate-zones>
- [21] Oracle, 2023, data dostępu 21.04.2023 <https://www.oracle.com/pl/java/technologies/downloads/>
- [22] Docker, 2023, data dostępu 11.06.2023 <https://www.docker.com>
- [23] *docker-compose.yaml*, Rafał Komorowski, Kamil Presler, 2023, Skrypt inicjalizacji bazy danych, plik znajduje się w archiwum „Attachments.zip” , format pliku (yaml)
- [24] *ksr.jar*, Rafał Komorowski, Kamil Presler, 2023, Plik wykonywalny aplikacji, plik znajduje się w archiwum „Attachments.zip” , format pliku (jar)
- [25] *earthquakes.ser*, Rafał Komorowski, Kamil Presler, 2023, plik znajduje się w archiwum „Attachments.zip” , format pliku (ser) Plik wykonywalny aplikacji
- [26] System Windows 10, Oficjalna strona Microsoft, data dostępu 21.05.2023 <https://www.microsoft.com/pl-pl/software-download/windows10%20>
- [27] System Windows 11, Oficjalna strona Microsoft, data dostępu 21.05.2023 <https://www.microsoft.com/pl-pl/software-download/windows11>
- [28] U.S. Geological Survey, „Magnitude Types.”, data dostępu 10.06.2023 <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/magnitude-types>
- [29] United States Geological Survey, Earthquake Hazards Program: Earthquake Map [Online], data dostępu 10.06.2023 <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>
- [30] National Geographic Headquarters 1145 17th Street NW Washington, DC 20036, Crust, The crust is the outermost layer of Earth, [Online], data dostępu 10.06.2023 <https://education.nationalgeographic.org/resource/crust/>