

Data oddania: _____

Ocena: _____

Mateusz Walczak 216911

Konrad Kajszczyk 216790

Zadanie 2: Lingwistyczne podsumowania baz danych*

1. Cel

Celem zadania było zaprojektowanie aplikacji desktopowej, służącej do generowania podsumowań lingwistycznych oraz obliczania ich miar jakości dla wybranej bazy danych. Dodatkowo, aplikacja powinna posiadać graficzny interfejs użytkownika, który umożliwi intuicyjne korzystanie z programu.

2. Wprowadzenie

Rozważania we wprowadzeniu rozpoczniemy od *zbioru rozmytego*, czyli najbardziej podstawowego pojęcia, bez którego analiza działania lingwistycznych podsumowań baz danych nie byłaby możliwa. Przytoczmy zatem definicję *zbioru rozmytego*:

Definicja 1. Zbiór rozmyty A w niepustej przestrzeni X [6]

$$A = \{\langle x, \mu_A(x) \rangle : x \in X\}$$

gdzie $\mu_A(x) : \mathcal{X} \rightarrow [0, 1]$ nazywamy *funkcją przynależności do zbioru rozmytego A* .

W związku z faktem, iż pojęcie *funkcji przynależności* wystąpiło w powyższej definicji, w następnym podrozdziale zajmiemy się opisem tego rodzaju funkcji, wykorzystywanych przez nas.

* SVN: <https://github.com/Walducha1908/KSR2>

2.1. Funkcje przynależności

Funkcja przynależności określa w jakim stopniu dany element przynależy do zbioru. W zbiorach rozmytych zakres wartości jakie może ona przyjmować jest rozszerzony do przedziału $[0,1]$.

W naszym programie, posłużyliśmy się dwoma rodzajami funkcji przynależności:

- funkcją trójkątną opisaną wzorem:

$$f_{troj}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{jeśli } a \leq x < b \\ 1 & \text{jeśli } x = b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{jeśli } b < x \leq v \\ 0 & \text{w przeciwnym wypadku.} \end{cases} \quad (1)$$

- oraz funkcją trapezoidalną opisaną wzorem:

$$f_{trap}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{jeśli } a \leq x < b \\ 1 & \text{jeśli } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{jeśli } c < x \leq d \\ 0 & \text{w przeciwnym wypadku.} \end{cases} \quad (2)$$

gdzie a, b, c oraz d są parametrami funkcji przynależności - wierzchołkami trójkąta lub trapezu na wykresie.

2.2. Podsumowania lingwistyczne

W tym rozdziale skoncentrujemy się na wyjaśnieniu czym są podsumowania lingwistyczne, które stanowią główny przedmiot rozważań tego zadania. Rozważanie rozpoczniemy od jednopodmiotowych podsumowań lingwistycznych a zakończymy na podsumowaniach wielopodmiotowych.

2.2.1. Jednopodmiotowe podsumowania lingwistyczne

Ogólna postać lingwistycznego podsumowania bazy danych, prezentuje się następująco [4]:

$$Q \text{ } P \text{ jest/są } S_j \text{ } [T] \quad (3)$$

Omówmy poszczególne elementy powyższego wzoru:

- Q stanowi kwantyfikator, kwantyfikatory mogą być względne (np. *większość, prawie wszystkie, około połowa*) lub bezwzględne (np. *mniej niż 100, około 500*),
- P jest podmiotem podsumowania lingwistycznego, zestawem obiektów reprezentowanym przez krotki w bazie danych (np. *pomiary pogodowe, ludzie, samochody*),
- S_j jest sumaryzatorem, stanowi zbiór rozmyty na zbiorze wartości przyjmowanych przez j -tą kolumnę w bazie danych (np. *wysoka temperatura w dziedzinie $V_j [-20, 40]$*),
- T to stopień prawdziwości podsumowania (więcej informacji zamieszczono w rozdziale 2.3 dotyczącym miar jakości).

Zaprezentujemy przykład, dla omówionej postaci podsumowania lingwistycznego: *"Prawie wszyscy programiści zarabiają ponad 2000 złotych [0,88]"*, gdzie: *"Prawie wszyscy"* to kwantyfikator, *"programiści"* to podmiot lingwistyczny, *"zarabiają ponad 2000 złotych"* to sumaryzator, a *"[0,88]"* to stopień prawdziwości podsumowania.

Następnym etapem w naszej wędrówce po rozważaniach dotyczących podsumowań lingwistycznych, będzie podsumowanie z kwalifikatorem, które ma postać:

$$Q \ P \text{ bę} \acute{d} \acute{a} \text{c}y \text{c}h / \text{m} \acute{a} \text{j} \acute{a} \text{c}y \text{c}h \ \text{w} \acute{l} \acute{a} \text{s} \text{n} \acute{o} \acute{c} \ W \ \text{j} \text{e} \text{s} \text{t} / \text{s} \acute{a} \ S_j \ [T] \quad (4)$$

gdzie W jest kwalifikatorem - dodatkową właściwością (lub zestawem właściwości) posiadaną przez analizowane obiekty (np. *"[programiści] mający około 30 lat"*).

Ponownie zaprezentujemy przytaczany wcześniej przykład, tym razem rozbudujemy go o kwalifikator: *"Prawie wszyscy programiści mający około 30 lat zarabiają ponad 2000 złotych [0,54]"*.

Aby jeszcze bardziej zwiększyć stopień skomplikowania podsumowania lingwistycznego, można skorzystać ze złożonego sumaryzatora. Wtedy podsumowanie lingwistyczne przybiera postać:

$$Q \ P \ \text{m} \acute{a} \text{j} \acute{a} \text{c}y \text{c}h \ \text{w} \acute{l} \acute{a} \text{s} \text{n} \acute{o} \acute{c} \ W \ \text{j} \text{e} \text{s} \text{t} / \text{s} \acute{a} \ S_1 \ i / \text{lub} \ S_2 \ i / \text{lub} \ \dots \ i / \text{lub} \ S_n \ [T] \quad (5)$$

gdzie za pomocą słowa *lub* wyrażamy sumę sumaryzatorów zaś z wykorzystaniem słowa *i* - ich iloczyn.

Rozwińmy podany wcześniej przykład, tak aby wykorzystywał on sumaryzator złożony: *"Prawie wszyscy programiści mający około 30 lat zarabiają ponad 2000 złotych i mają bardzo drogi samochód [0,54]"*, sumaryzatorem złożonym w tym przykładzie jest *"zarabiają ponad 2000 złotych i mają bardzo drogi samochód"*.

2.2.2. Wielopodmiotowe podsumowania lingwistyczne

W poprzednim podrozdziale omówiliśmy podsumowania lingwistyczne wykorzystujące tylko jeden podmiot. Okazuje się jednak, że podsumowania lingwistyczne mogą opierać się o wiele podmiotów. Szczegółowe rozważania dotyczące wielopodmiotowych podsumowań lingwistycznych można znaleźć w pozycji [5].

W tym sprawozdaniu skoncentrujemy się tylko na jednej z form zaproponowanych w [5], o następującej postaci:

$$Q \ P_1 \ \text{w} \ \text{o} \text{d} \text{n} \text{i} \text{e} \text{s} \text{i} \text{e} \text{n} \text{i} \text{u} \ \text{d} \text{o} \ P_2 \ \text{j} \text{e} \text{s} \text{t} / \text{s} \acute{a} \ S_j \ [T] \quad (6)$$

gdzie Q jest kwantyfikatorem, P_1 i P_2 są podmiotami podsumowania a S_j jest sumaryzatorem.

Podobnie jak w przypadku jednopodmiotowych podsumowań, posłużymy się przykładem: *"Większość programistów w odniesieniu do pielęgniarek ma bardzo drogi samochód [0,92]"*, gdzie: *"Większość"* to kwantyfikator, *"programiści"* to pierwszy podmiot lingwistyczny, *"pielęgniarki"* to drugi podmiot lingwistyczny, *"ma bardzo drogi samochód"* to sumaryzator, a *"[0,92]"* to stopień prawdziwości podsumowania.

2.3. Miary jakości dla podsumowań lingwistycznych

Aby określić jakość naszych podsumowań zaimplementowaliśmy 11 miar jakości od T_1 do T_{11} . Poniżej zestawimy nazwy miar jakości wraz z oznaczeniami matematycznymi, którymi będziemy się posługiwać w następnych rozdziałach:

- 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 liczebności kwantyfikatora,
- T_8 - stopień liczebności sumaryzatora,
- T_9 - stopień nieprecyzyjności kwalifikatora,
- T_{10} - stopień liczebności kwalifikatora,
- T_{11} - długość kwalifikatora.

Dokładny opis miar i wzorów można znaleźć w rozdziałach 8.3 i 8.4 w monografii [4].

Ze względu na liczbę i zróżnicowanie miar podsumowań lingwistycznych, postanowiliśmy wprowadzić miarę optymalną, upraszczającą przedstawienie i analizę podsumowań. Miara optymalna dla jednopodmiotowych podsumowań jest sumą wszystkich pozostałych miar:

$$T_s = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} T_i \quad (7)$$

W przypadku podsumowań wielopodmiotowych, jedyną analizowaną miarą będzie miara T_1 , dlatego też miara optymalna dla podsumowań wielopodmiotowych określona jest prostym wzorem:

$$T_m = T_1 \quad (8)$$

3. Opis implementacji

Program został napisany w języku Java z wykorzystaniem narzędzia Maven [2], służącego do automatyzacji budowy oprogramowania. Graficzny interfejs użytkownika został zbudowany w oparciu o bibliotekę JavaFX [3].

W opisie implementacji skoncentrujemy się na jej najważniejszej części, czyli logice aplikacji.

W celu zbudowania struktury klas reprezentujących typy, parametry i własności zbiorów rozmytych oraz operacji na nich, zaimplementowaliśmy własną bibliotekę w formie pakietu w naszej aplikacji o nazwie *FuzzyLib*.

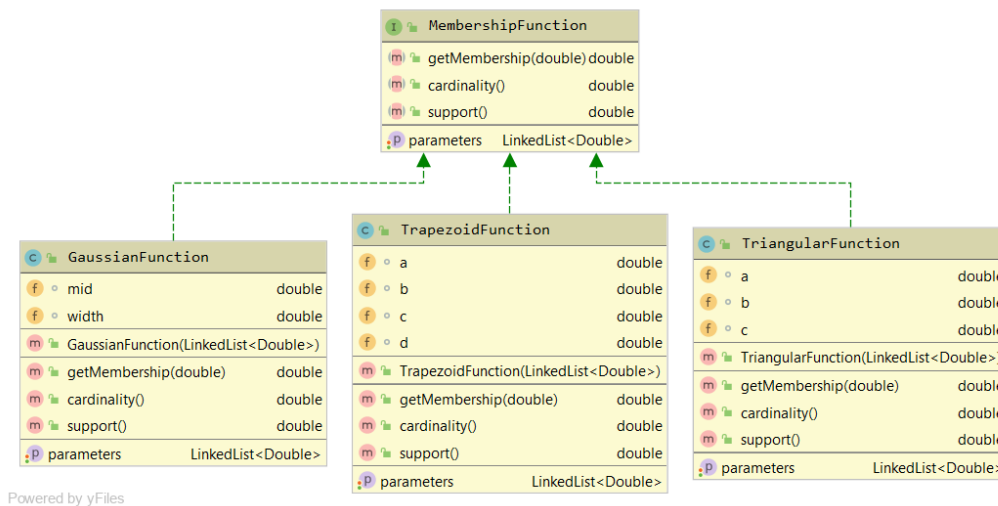
Pakiet *FuzzyLib* został podzielony na następujące podpakiety:

- *Membership*,
- *Logic*,
- *Containers*,
- *Summaries*.

W tym rozdziale omówione zostaną wszystkie wyżej wymienione podpakiety. Przedstawimy diagramy UML każdego z podpakietów a także omówimy zastosowanie poszczególnych klas.

3.1. Podpakiet Membership

Podpakiet *Membership* zawiera implementacje funkcji przynależności. Każda klasa tego podpakietu implementuje interfejs *MembershipFunction*.



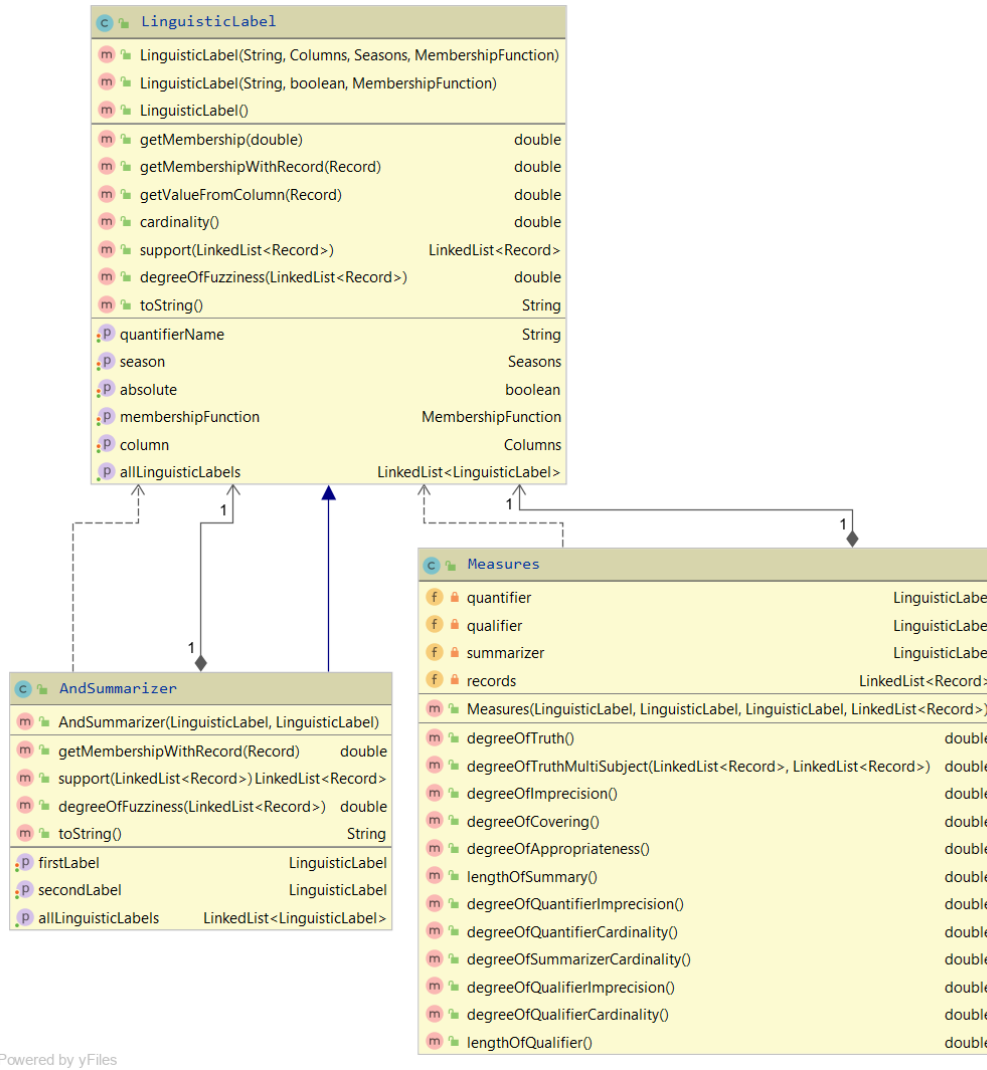
Rysunek 1. Diagram UML dla podpakietu *Membership*

Klasy podpakietu *Membership* są następujące:

- *MembershipFunction* - interfejs implementowany przez wszystkie klasy należące do tego podpakietu,
- *TriangularFunction* - klasa implementująca trójkątną funkcję przynależności,
- *GaussianFunction* - klasa implementująca gaussowską funkcję przynależności,
- *TrapezoidFunction* - klasa implementująca trapezoidalną funkcję przynależności.

3.2. Podpakiet Logic

Podpakiet *Logic* odpowiada za implementacje zmiennych lingwistycznych, operacji sumy zbiorów rozmytych a także miar jakości podsumowań lingwistycznych.



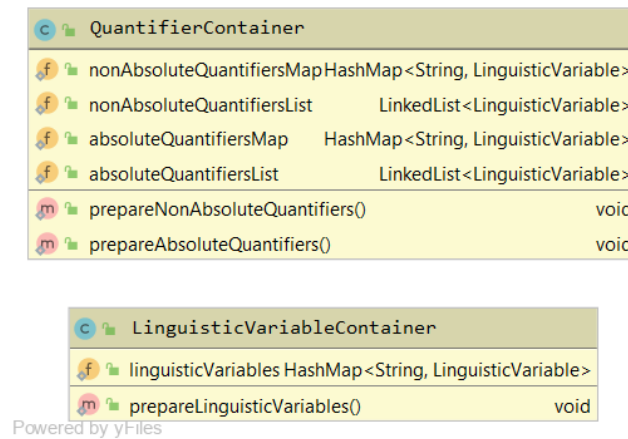
Rysunek 2. Diagram UML dla podpakietu *Logic*

Klasy podpakietu *Logic* są następujące:

- *LinguisticLabel* - klasa implementująca pojedynczą etykietę zmiennej lingwistycznej,
- *AndSummarizer* - klasa implementująca operacje iloczynu, dziedziczy z klasy *LinguisticVariable*,
- *Measures* - klasa implementująca miary jakości podsumowań lingwistycznych.

3.3. Podpakiet Containers

Podpakiet *Containers* zawiera klasy kontenerowe, tworzące i przechowujące zmienne lingwistyczne i kwantyfikatory.



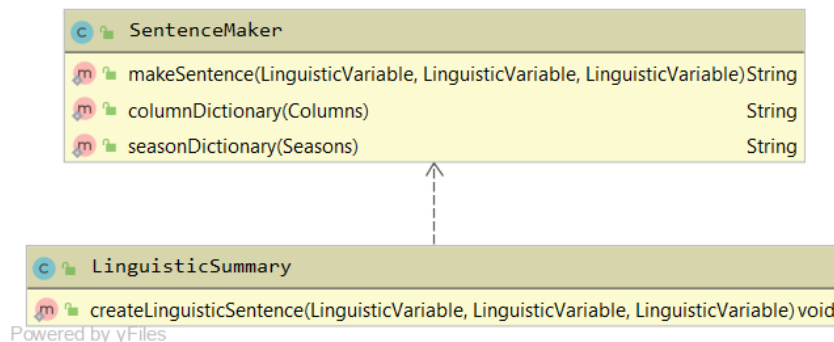
Rysunek 3. Diagram UML dla podpakietu *Containers*

Klasy podpakietu *Containers* są następujące:

- *LinguisticVariableContainer* - klasa kontenerowa dla zmiennych lingwistycznych,
- *QuantifierContainer* - klasa kontenerowa dla kwantyfikatorów.

3.4. Podpakiet Summaries

Podpakiet *Summaries* zawiera dwie klasy odpowiadające za budowę zdań podsumowania lingwistycznego w języku ludzkim (angielskim) oraz obliczenie wszystkich miar jakości dla danego podsumowania lingwistycznego - wywołanie statycznych metod klasy *Measures* podpakietu *Logic*.



Rysunek 4. Diagram UML dla podpakietu *Summaries*

Klasy podpakietu *Summaries* są następujące:

- *LinguisticSummary* - klasa odpowiadająca za obliczenie wszystkich miar jakości dla danego podsumowania,
- *SentenceMaker* - klasa odpowiadająca za budowanie zdań w języku ludzkim.

4. Materiały i metody

Wybrana przez nas baza danych zawiera historyczne pomiary pogodowe z Holandii [1]. Dane zostały zgromadzone przez KNMI (*Dutch weather institute* - Holenderski instytut pogody) na przestrzeni lat 1901-2018 i pochodzą z 50 różnych stacji pogody znajdujących się na terenie całego kraju.

Ze względu na fakt, iż oryginalna baza danych składa się z 804099 krotek, postanowiliśmy wybrać tylko niewielką część z dostępnych danych. Zdecydowaliśmy się na najnowsze dane pomiarowe - z lat 2016-2018. W ten sposób ograniczyliśmy liczbę wykorzystywanych krotek do 17000.

4.1. Wybór kolumn

W celu analizy bazy danych i tworzenia jej lingwistycznych podsumowań wybraliśmy 10 kolumn z danymi liczbowymi.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	STN	YYYYMMDD	FG	FHX	FHN	FXX	TG	TN	TX	T10N	Q	RH
2	380	20181231	23	30	10	60	83	74	91	70	96	19
3	370	20181231	27	40	20	70	89	73	99	72	115	5
4	350	20181231	28	40	20	80	89	75	98	72	132	5
5	375	20181231	28	50	20	90	90	73	98	71	105	1
6	290	20181231	36	60	20	90	88	74	99	73	126	2
7	275	20181231	30	50	20	90	86	72	98	70	132	1
8	279	20181231	40	60	20	100	86	78	97	77	150	-1
9	260	20181231	27	40	20	100	89	77	100	76	137	1
10	269	20181231	36	50	20	80	87	78	100	75	155	-1
11	280	20181231	40	60	20	110	88	80	99	77	174	5
12	240	20181231	45	70	30	110	90	83	109	76	205	-1
13	344	20181231	35	50	20	90	91	79	104	77	207	-1
14	215	20181231	42	60	20	90	89	82	97	80	212	0
15	235	20181231	51	80	40	110	90	83	98	77	229	-1
16	270	20181231	50	80	30	120	87	82	97	78	236	-1
17	310	20181231	48	60	30	90	88	73	102	71	335	3
18	375	20181230	32	40	20	90	79	53	92	42	137	31
19	350	20181230	29	50	20	80	82	56	93	49	139	14
20	260	20181230	26	50	20	100	85	62	95	52	112	10
21	370	20181230	33	50	20	90	80	51	91	45	156	11
22	269	20181230	33	60	20	110	82	63	92	54	119	8
23	344	20181230	36	60	20	120	86	50	97	36	141	4
24	215	20181230	43	60	20	100	87	57	99	48	127	7
25	275	20181230	35	70	20	120	77	55	90	48	138	24
26	279	20181230	39	80	20	160	76	67	84	62	148	10

Rysunek 5. Fragment widoku bazy w formacie *xlsx*

Wybrane kolumny są następujące:

- FG - średnia prędkość wiatru przez cały dzień $[0, 1 \frac{m}{s}]$.
- FHX - najwyższa średnia prędkość wiatru w ciągu jednej godziny $[0, 1 \frac{m}{s}]$.
- FHN - najniższa średnia prędkość wiatru w ciągu jednej godziny $[0, 1 \frac{m}{s}]$.
- FXX - najszybszy podmuch wiatru w ciągu całego dnia $[0, 1 \frac{m}{s}]$.
- TG - średnia dzienna temperatura $[0, 1^{\circ}C]$.
- TN - minimalna dzienna temperatura $[0, 1^{\circ}C]$.
- TX - maksymalna dzienna temperatura $[0, 1^{\circ}C]$.
- T10N - minimalna dzienna temperatura na wysokości 10 cm od poziomu gruntu $[0, 1^{\circ}C]$.

- Q - nasłonecznienie, energia słoneczna przypadająca na powierzchnię [$\frac{J}{cm^2}$].
- RH - suma opadów atmosferycznych w ciągu całego dnia [0,1mm].

Oprócz wyżej opisanych danych liczbowych, w naszej bazie znajdują się także dwie dodatkowe kolumny, służące do identyfikacji pomiaru:

- STN - numer stacji badawczej wykonującej pomiar.
- YYYYMMDD - data pomiaru w formacie opisanym przez nazwę kolumny.

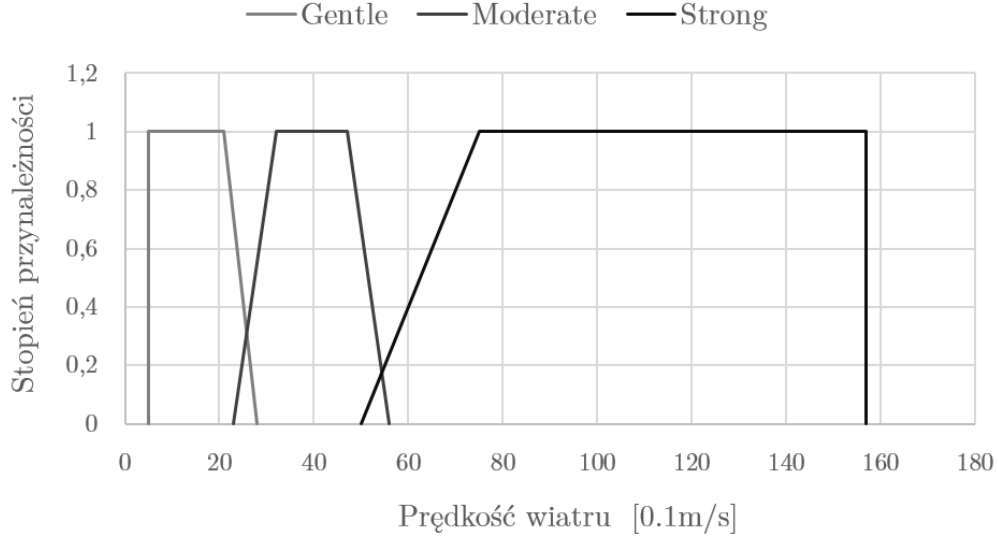
4.2. Zmienne lingwistyczne

W tym rozdziale przedstawimy wzory i wykresy opisujące wybrane, zaproponowane przez nas zmienne lingwistyczne. We wszystkich przypadkach, wykorzystywanymi przez nas funkcjami przynależności są funkcje trapezoidalne.¹

¹ Wartości prezentowane w tabelach są tylko propozycjami. Autorzy sprawozdania zastrzegają sobie możliwość do ich późniejszej modyfikacji

4.2.1. Kolumna FG

Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny zawierającej wartości średniej prędkości wiatru przez cały dzień (FG), zamieszczono poniżej.



Rysunek 6. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny FG.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet prezentują się następująco.

Dla etykiety *Gentle*:

$$FG_{GENTLE}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } 5 \leq x \leq 21 \\ \frac{28-x}{7} & \text{jeśli } 21 < x \leq 28 \end{cases} \quad (9)$$

Dla etykiety *Moderate*:

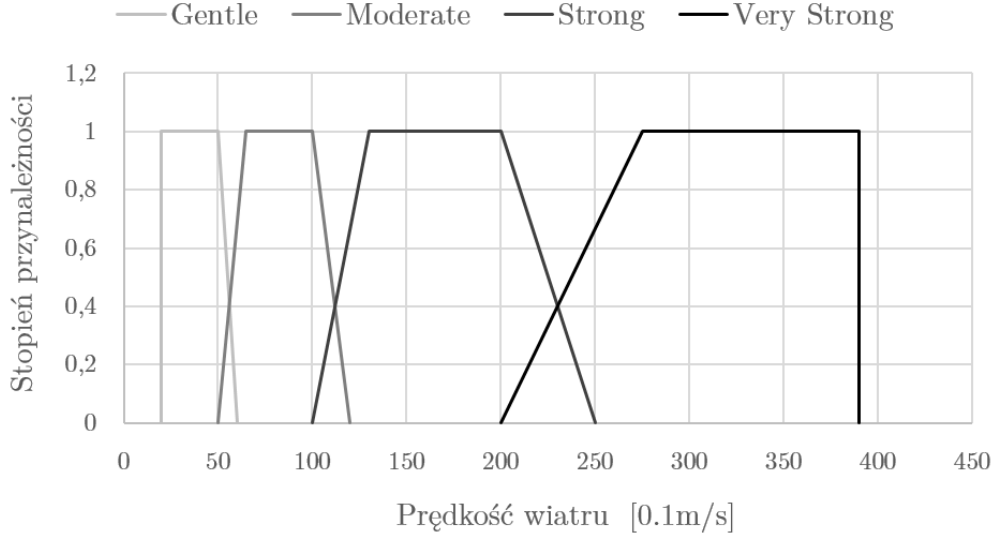
$$FG_{MODERATE}(x) = \begin{cases} \frac{x-23}{9} & \text{jeśli } 23 \leq x < 32 \\ 1 & \text{jeśli } 32 \leq x \leq 47 \\ \frac{56-x}{9} & \text{jeśli } 47 < x \leq 56 \end{cases} \quad (10)$$

Dla etykiety *Strong*:

$$FG_{STRONG}(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{25} & \text{jeśli } 50 \leq x < 75 \\ 1 & \text{jeśli } 75 \leq x \leq 157 \end{cases} \quad (11)$$

4.2.2. Kolumna FXX

Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny zawierającej naj-
silniejszy powiew wiatru (FXX), zamieszczono poniżej.



Rysunek 7. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny FXX.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet prezentują się następująco.

Dla etykiety *Gentle*:

$$FXX_{GENTLE}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } 20 \leq x \leq 50 \\ \frac{60-x}{10} & \text{jeśli } 50 < x \leq 60 \end{cases} \quad (12)$$

Dla etykiety *Moderate*:

$$FXX_{MODERATE}(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{15} & \text{jeśli } 50 \leq x < 65 \\ 1 & \text{jeśli } 65 \leq x \leq 100 \\ \frac{120-x}{20} & \text{jeśli } 100 < x \leq 120 \end{cases} \quad (13)$$

Dla etykiety *Strong*:

$$FXX_{STRONG}(x) = \begin{cases} \frac{x-100}{30} & \text{jeśli } 100 \leq x < 130 \\ 1 & \text{jeśli } 130 \leq x \leq 200 \\ \frac{250-x}{50} & \text{jeśli } 200 < x \leq 250 \end{cases} \quad (14)$$

Dla etykiety *Very Strong*:

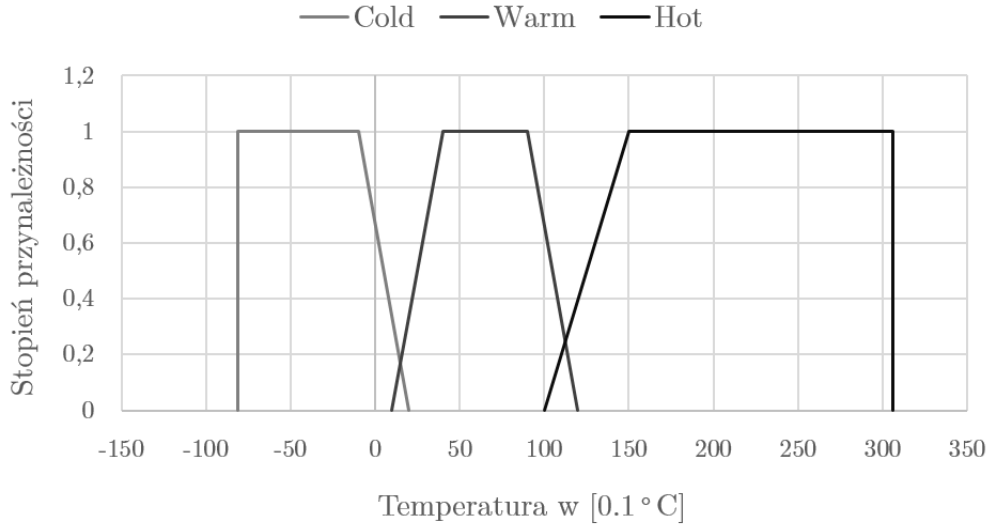
$$FXX_{VERYSTRONG}(x) = \begin{cases} \frac{x-200}{75} & \text{jeśli } 200 \leq x < 275 \\ 1 & \text{jeśli } 275 \leq x \leq 390 \end{cases} \quad (15)$$

4.2.3. Kolumna TG

W przypadku średniej dziennej temperatury (TG) oraz innych kolumn związanych z temperaturą (TN, TX oraz T10N), zdecydowaliśmy się podzielić nasze rozważania ze względu na pory roku. Dlatego też przyjęliśmy trzy różne warianty zmiennej lingwistycznej dla kolumny TG:

- TGW - dla pomiarów uzyskanych podczas astronomicznej zimy (litera *W* od *Winter*),
- TGSA - dla pomiarów uzyskanych podczas astronomicznej wiosny lub jesieni (*S* od *Spring*, *A* od *Autumn*),
- TGS - dla pomiarów uzyskanych podczas astronomicznego lata (litera *S* od *Summer*).

Rozpocznijmy od zmiennej lingwistycznej TGW.



Rysunek 8. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny TG dla pomiarów wykonanych astronomiczną zimą.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet zmiennej lingwistycznej TGW prezentują się następująco.

Dla etykiety *Cold*:

$$TGW_{COLD}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } -81 \leq x \leq -10 \\ \frac{20-x}{30} & \text{jeśli } -10 < x \leq 20 \end{cases} \quad (16)$$

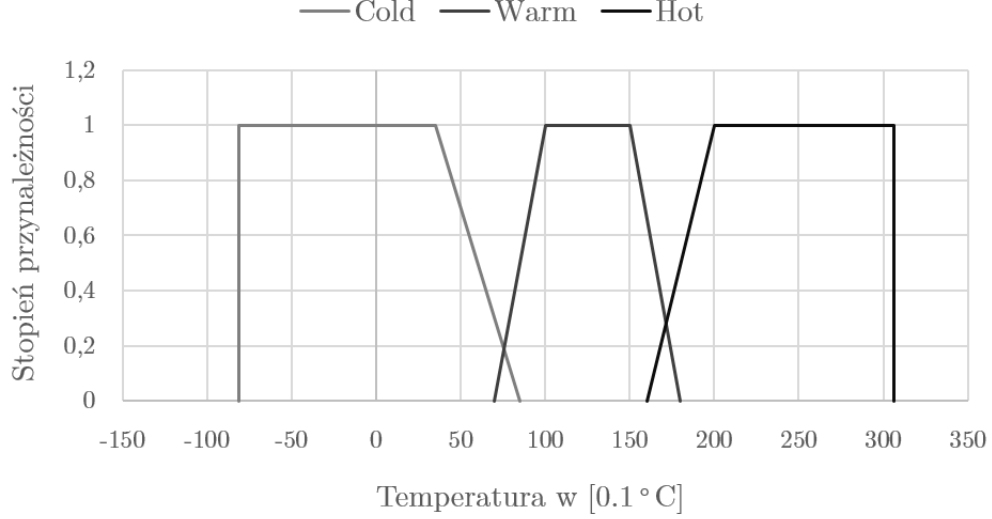
Dla etykiety *Warm*:

$$TGW_{WARM}(x) = \begin{cases} \frac{x-10}{30} & \text{jeśli } 10 \leq x < 40 \\ 1 & \text{jeśli } 40 \leq x \leq 90 \\ \frac{120-x}{30} & \text{jeśli } 90 < x \leq 120 \end{cases} \quad (17)$$

Dla etykiety *Hot*:

$$TGW_{HOT}(x) = \begin{cases} \frac{x-100}{50} & \text{jeśli } 100 \leq x < 150 \\ 1 & \text{jeśli } 150 \leq x \leq 306 \end{cases} \quad (18)$$

Następną prezentowaną zmienną, będzie zmienna lingwistyczna TGSA.



Rysunek 9. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny TG dla pomiarów wykonanych astronomiczną wiosną i jesienią.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet zmiennej lingwistycznej TGSA prezentują się następująco.

Dla etykiety *Cold*:

$$TGSA_{COLD}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } -81 \leq x \leq 35 \\ \frac{85-x}{50} & \text{jeśli } 35 < x \leq 85 \end{cases} \quad (19)$$

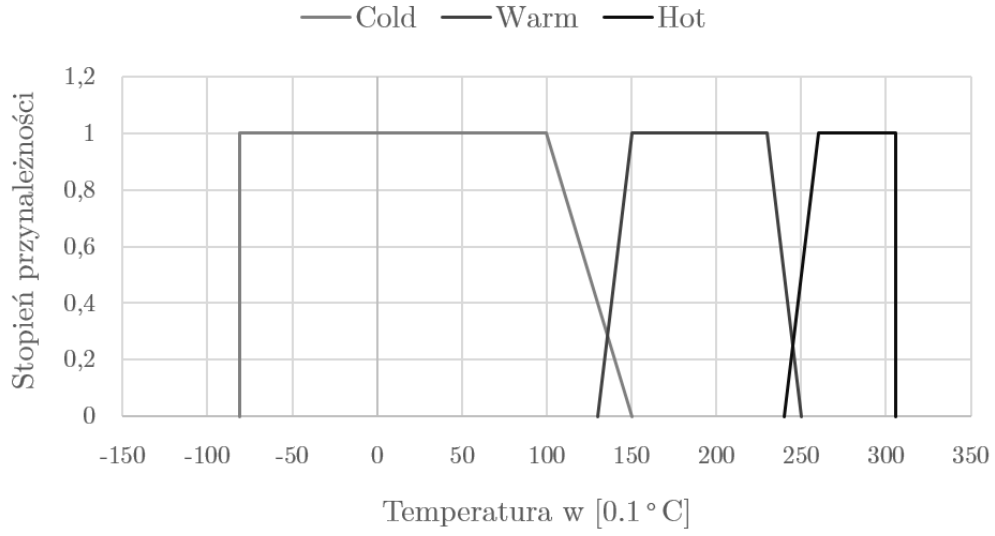
Dla etykiety *Warm*:

$$TGSA_{WARM}(x) = \begin{cases} \frac{x-70}{30} & \text{jeśli } 70 \leq x < 100 \\ 1 & \text{jeśli } 100 \leq x \leq 150 \\ \frac{180-x}{30} & \text{jeśli } 150 < x \leq 180 \end{cases} \quad (20)$$

Dla etykiety *Hot*:

$$TGSA_{HOT}(x) = \begin{cases} \frac{x-160}{40} & \text{jeśli } 160 \leq x < 200 \\ 1 & \text{jeśli } 200 \leq x \leq 306 \end{cases} \quad (21)$$

Ostatnią zmienną dla kolumny TG będzie zmienna dotycząca pomiarów letnich - TGS.



Rysunek 10. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny TG dla pomiarów wykonanych astronomicznym latem.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet zmiennej lingwistycznej TGS prezentują się następująco.

Dla etykiety *Cold*:

$$TGS_{COLD}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } -81 \leq x \leq 100 \\ \frac{150-x}{50} & \text{jeśli } 100 < x \leq 150 \end{cases} \quad (22)$$

Dla etykiety *Warm*:

$$TGS_{WARM}(x) = \begin{cases} \frac{x-130}{20} & \text{jeśli } 130 \leq x < 150 \\ 1 & \text{jeśli } 150 \leq x \leq 230 \\ \frac{250-x}{20} & \text{jeśli } 230 < x \leq 250 \end{cases} \quad (23)$$

Dla etykiety *Hot*:

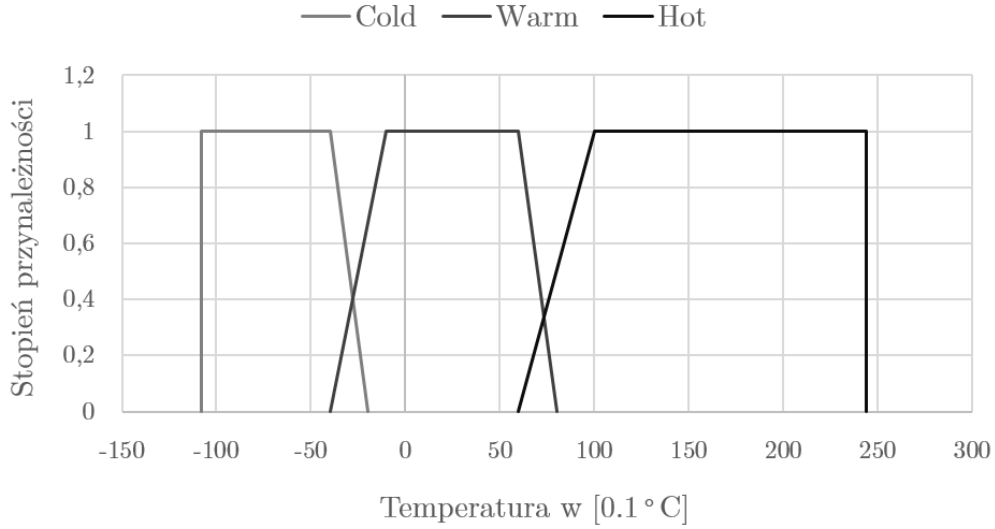
$$TGS_{HOT}(x) = \begin{cases} \frac{x-240}{20} & \text{jeśli } 240 \leq x < 260 \\ 1 & \text{jeśli } 260 \leq x \leq 306 \end{cases} \quad (24)$$

4.2.4. Kolumna TN

Kolumna TN zawiera najniższą temperaturę powietrza w ciągu dnia. Wszystkie trzy warianty zmiennej lingwistycznej dla kolumny TN zaprezentowano poniżej:

- TNW - dla pomiarów uzyskanych podczas astronomicznej zimy,
- TNSA - dla pomiarów uzyskanych podczas astronomicznej wiosny lub jesieni,
- TNS - dla pomiarów uzyskanych podczas astronomicznego lata.

Pomiary zimowe - zmienna TNW.



Rysunek 11. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny TN dla pomiarów wykonanych astronomiczną zimą.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet zmiennej lingwistycznej TNW prezentują się następująco.

Dla etykiety *Cold*:

$$TNW_{COLD}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } -108 \leq x \leq -40 \\ \frac{-20-x}{20} & \text{jeśli } -40 < x \leq -20 \end{cases} \quad (25)$$

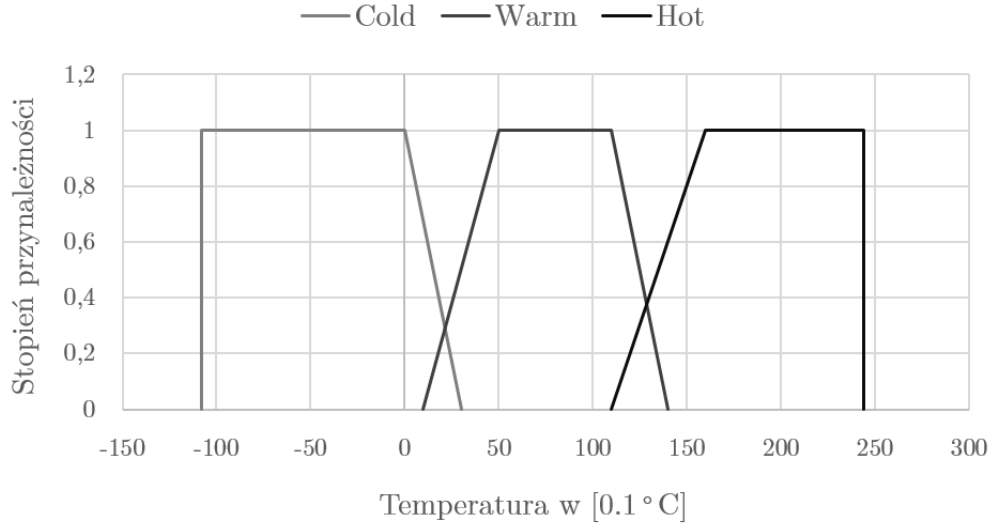
Dla etykiety *Warm*:

$$TNW_{WARM}(x) = \begin{cases} \frac{x+40}{30} & \text{jeśli } -40 \leq x < -10 \\ 1 & \text{jeśli } -10 \leq x \leq 60 \\ \frac{80-x}{20} & \text{jeśli } 60 < x \leq 80 \end{cases} \quad (26)$$

Dla etykiety *Hot*:

$$TNW_{HOT}(x) = \begin{cases} \frac{x-60}{40} & \text{jeśli } 60 \leq x < 100 \\ 1 & \text{jeśli } 100 \leq x \leq 244 \end{cases} \quad (27)$$

Pomiary wiosenne i jesienne - zmienna TNSA.



Rysunek 12. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny TN dla pomiarów wykonanych astronomiczną wiosną i jesienią.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet zmiennej lingwistycznej TNSA prezentują się następująco.

Dla etykiety *Cold*:

$$TNSA_{COLD}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } -108 \leq x \leq 0 \\ \frac{30-x}{30} & \text{jeśli } 0 < x \leq 30 \end{cases} \quad (28)$$

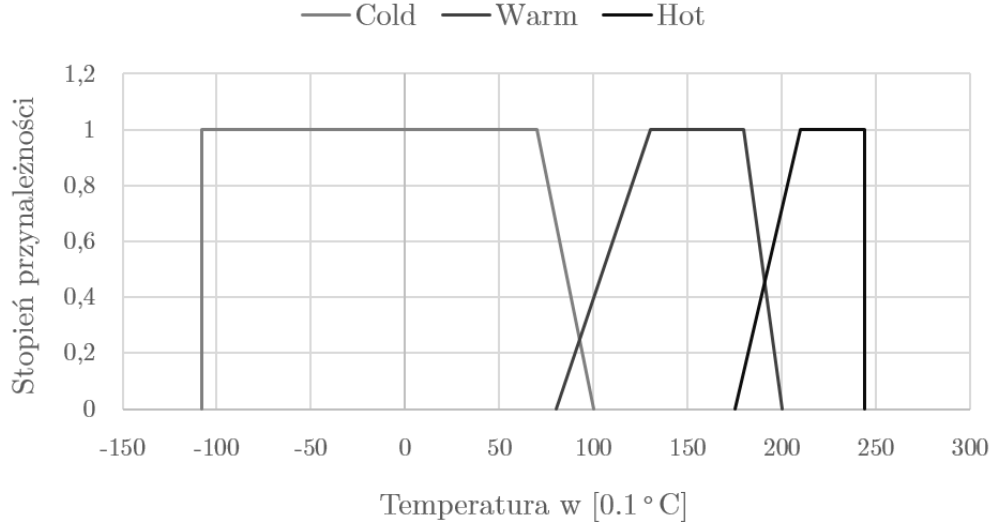
Dla etykiety *Warm*:

$$TNSA_{WARM}(x) = \begin{cases} \frac{x-10}{40} & \text{jeśli } 10 \leq x < 50 \\ 1 & \text{jeśli } 50 \leq x \leq 110 \\ \frac{140-x}{30} & \text{jeśli } 110 < x \leq 140 \end{cases} \quad (29)$$

Dla etykiety *Hot*:

$$TNSA_{HOT}(x) = \begin{cases} \frac{x-110}{50} & \text{jeśli } 110 \leq x < 160 \\ 1 & \text{jeśli } 160 \leq x \leq 244 \end{cases} \quad (30)$$

Pomiary letnie - zmienna TNS.



Rysunek 13. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny TN dla pomiarów wykonanych astronomicznym latem.

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet zmiennej lingwistycznej TNS prezentują się następująco.

Dla etykiety *Cold*:

$$TNS_{COLD}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } -108 \leq x \leq 70 \\ \frac{100-x}{30} & \text{jeśli } 70 < x \leq 100 \end{cases} \quad (31)$$

Dla etykiety *Warm*:

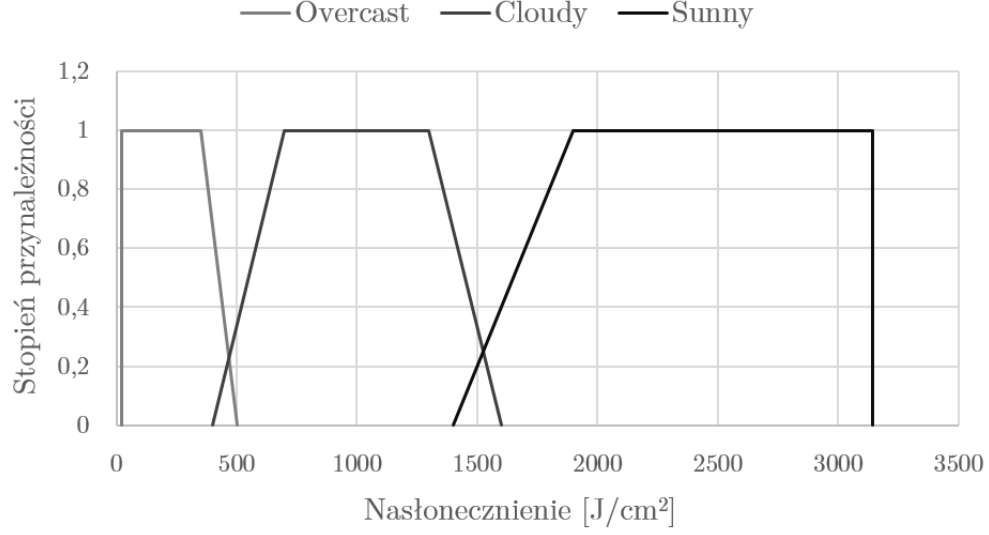
$$TNS_{WARM}(x) = \begin{cases} \frac{x-80}{50} & \text{jeśli } 80 \leq x < 130 \\ 1 & \text{jeśli } 130 \leq x \leq 180 \\ \frac{200-x}{20} & \text{jeśli } 180 < x \leq 200 \end{cases} \quad (32)$$

Dla etykiety *Hot*:

$$TNS_{HOT}(x) = \begin{cases} \frac{x-175}{35} & \text{jeśli } 175 \leq x < 210 \\ 1 & \text{jeśli } 210 \leq x \leq 244 \end{cases} \quad (33)$$

4.2.5. Kolumna Q

Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny zawierającej wartości nasłonecznienia (Q), zamieszczono poniżej.



Rysunek 14. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny Q

Dla etykiety *Overcast*:

$$Q_{OVERCAST}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } 24 \leq x \leq 350 \\ \frac{500-x}{150} & \text{jeśli } 350 < x \leq 500 \end{cases} \quad (34)$$

Dla etykiety *Cloudy*:

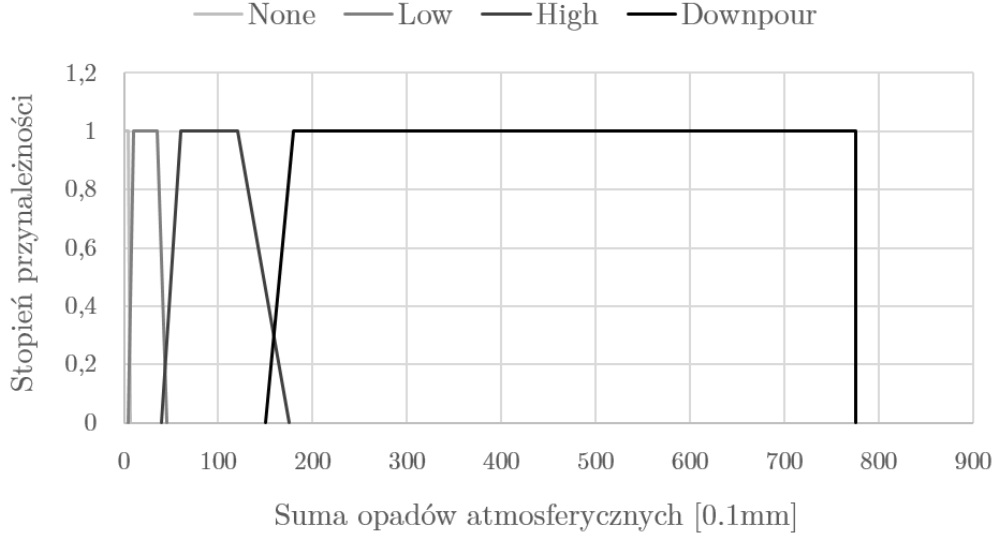
$$Q_{CLOUDY}(x) = \begin{cases} \frac{x-400}{300} & \text{jeśli } 400 \leq x < 700 \\ 1 & \text{jeśli } 700 \leq x \leq 1300 \\ \frac{1600-x}{300} & \text{jeśli } 1300 < x \leq 1600 \end{cases} \quad (35)$$

Dla etykiety *Sunny*:

$$Q_{SUNNY}(x) = \begin{cases} \frac{x-1400}{500} & \text{jeśli } 1400 \leq x < 1900 \\ 1 & \text{jeśli } 1900 \leq x \leq 3145 \end{cases} \quad (36)$$

4.2.6. Kolumna RH

Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny zawierającej sumę opadów atmosferycznych w ciągu całego dnia (RH), zamieszczono poniżej.



Rysunek 15. Wykres opisujący zmienną lingwistyczną dla kolumny RH

Wzory opisujące przynależność do poszczególnych etykiet prezentują się następująco.

Dla etykiety *None*:

$$RH_{NONE}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } -1 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{2} & \text{jeśli } 5 < x \leq 7 \end{cases} \quad (37)$$

Dla etykiety *Low*:

$$RH_{LOW}(x) = \begin{cases} \frac{x-5}{5} & \text{jeśli } 5 \leq x < 10 \\ 1 & \text{jeśli } 10 \leq x \leq 35 \\ \frac{45-x}{10} & \text{jeśli } 35 < x \leq 45 \end{cases} \quad (38)$$

Dla etykiety *High*:

$$RH_{HIGH}(x) = \begin{cases} \frac{x-40}{20} & \text{jeśli } 40 \leq x < 60 \\ 1 & \text{jeśli } 60 \leq x \leq 120 \\ \frac{175-x}{55} & \text{jeśli } 120 < x \leq 175 \end{cases} \quad (39)$$

Dla etykiety *Downpour*:

$$RH_{DOWNPOUR}(x) = \begin{cases} \frac{x-150}{30} & \text{jeśli } 150 \leq x < 180 \\ 1 & \text{jeśli } 180 \leq x \leq 776 \end{cases} \quad (40)$$

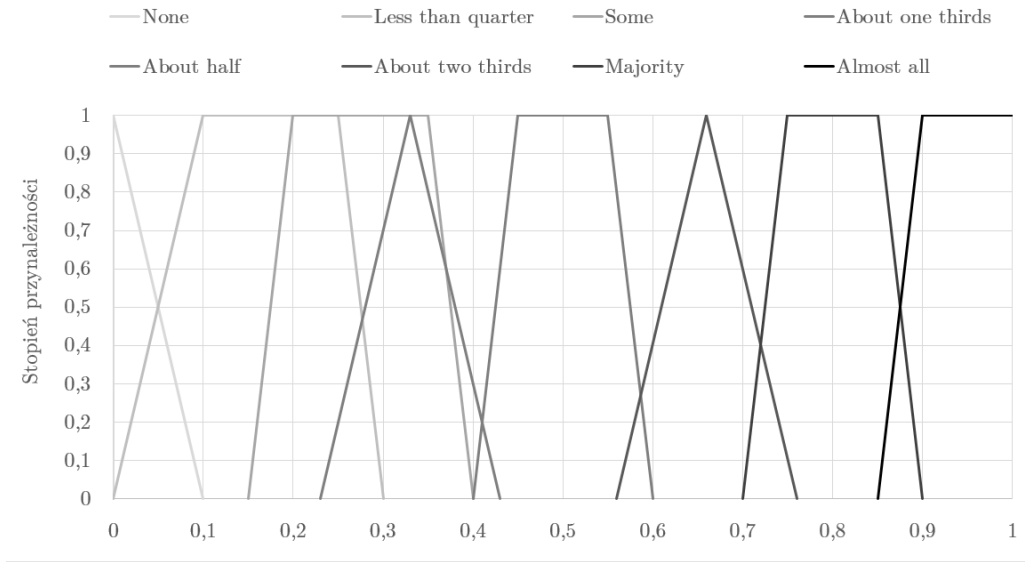
4.3. Kwantyfikatory

W tym rozdziale skoncentrujemy się na zaproponowanych przez nas kwantyfikatorach. Prezentację rozpoczniemy od kwantyfikatorów względnych, aby następnie omówić kwantyfikatory bezwzględne.

W przypadku kwantyfikatorów, wykorzystywanymi przez nas funkcjami przynależności są zarówno funkcje trapezoidalne jak i funkcje trójkątne. Wzory funkcji przynależności kwantyfikatorów zamieszczono pod wykresami.

4.3.1. Kwantyfikatory względne

Wykres ilustrujący wszystkie kwantyfikatory względne, zamieszczono poniżej.



Rysunek 16. Kwantyfikatory względne

Kwantyfikator *None* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{NONE}(x) = \begin{cases} \frac{0,1-x}{0,1} & \text{jeśli } 0 \leq x \leq 0,1 \end{cases} \quad (41)$$

Kwantyfikator *Less than quarter* - funkcja trapezoidalna:

$$Qt_{LESS\ THAN\ QUARTER}(x) = \begin{cases} \frac{x}{0,1} & \text{jeśli } 0 \leq x < 0,1 \\ 1 & \text{jeśli } 0,1 \leq x \leq 0,25 \\ \frac{0,3-x}{0,05} & \text{jeśli } 0,25 < x \leq 0,3 \end{cases} \quad (42)$$

Kwantyfikator *Some* - funkcja trapezoidalna:

$$Qt_{SOME}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,15}{0,05} & \text{jeśli } 0,15 \leq x < 0,2 \\ 1 & \text{jeśli } 0,2 \leq x \leq 0,35 \\ \frac{0,4-x}{0,05} & \text{jeśli } 0,35 < x \leq 0,4 \end{cases} \quad (43)$$

Kwantyfikikator *About one thirds* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{ABOUT ONE THIRDS}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,23}{0,1} & \text{jeśli } 0,23 \leq x \leq 0,33 \\ \frac{0,43-x}{0,1} & \text{jeśli } 0,33 \leq x \leq 0,43 \end{cases} \quad (44)$$

Kwantyfikikator *About half* - funkcja trapezoidalna:

$$Qt_{ABOUT HALF}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,4}{0,05} & \text{jeśli } 0,4 \leq x < 0,45 \\ 1 & \text{jeśli } 0,45 \leq x \leq 0,55 \\ \frac{0,6-x}{0,05} & \text{jeśli } 0,55 < x \leq 0,6 \end{cases} \quad (45)$$

Kwantyfikikator *About two thirds* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{ABOUT TWO THIRDS}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,56}{0,1} & \text{jeśli } 0,56 \leq x \leq 0,66 \\ \frac{0,76-x}{0,1} & \text{jeśli } 0,66 \leq x \leq 0,76 \end{cases} \quad (46)$$

Kwantyfikikator *Majority* - funkcja trapezoidalna:

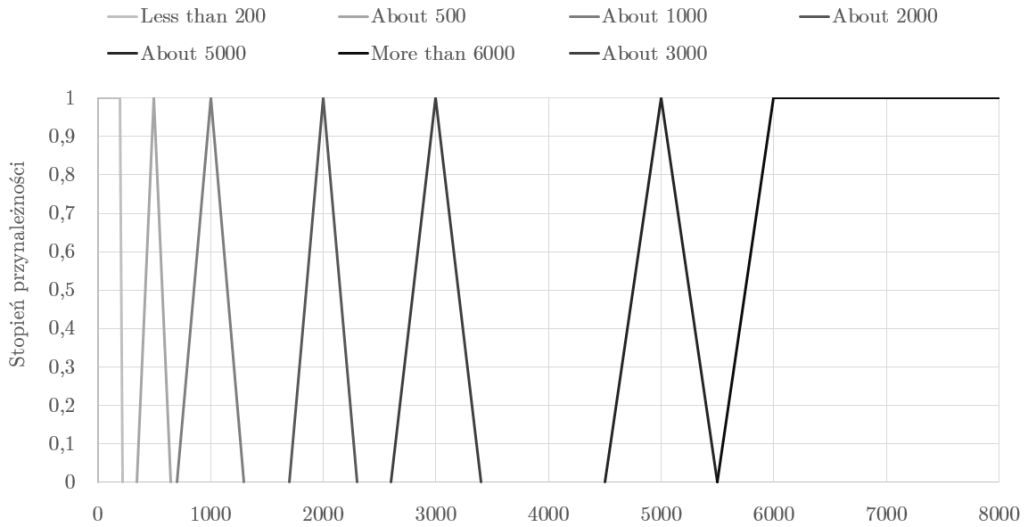
$$Qt_{MAJORITY}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,7}{0,05} & \text{jeśli } 0,7 \leq x < 0,75 \\ 1 & \text{jeśli } 0,75 \leq x \leq 0,85 \\ \frac{0,9-x}{0,05} & \text{jeśli } 0,85 < x \leq 0,9 \end{cases} \quad (47)$$

Kwantyfikikator *Almost all* - funkcja trapezoidalna:

$$Qt_{ALMOST ALL}(x) = \begin{cases} \frac{x-0,85}{0,05} & \text{jeśli } 0,85 \leq x < 0,9 \\ 1 & \text{jeśli } 0,9 \leq x \leq 1,0 \end{cases} \quad (48)$$

4.3.2. Kwantyfikatory bezwzględne

Wykres ilustrujący wszystkie kwantyfikatory bezwzględne, zamieszczono poniżej.



Rysunek 17. Kwantyfikatory bezwzględne

Kwantyfikikator *Less than 200* - funkcja trapezoidalna:

$$Qt_{LESS THAN 200}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } 0 \leq x \leq 200 \\ \frac{220-x}{20} & \text{jeśli } 200 < x \leq 220 \end{cases} \quad (49)$$

Kwantyfikikator *About 500* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{ABOUT\ 500}(x) = \begin{cases} \frac{x-350}{150} & \text{jeśli } 350 \leq x \leq 500 \\ \frac{650-x}{150} & \text{jeśli } 500 \leq x \leq 650 \end{cases} \quad (50)$$

Kwantyfikikator *About 1000* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{ABOUT\ 1000}(x) = \begin{cases} \frac{x-700}{300} & \text{jeśli } 700 \leq x \leq 1000 \\ \frac{1300-x}{300} & \text{jeśli } 1000 \leq x \leq 1300 \end{cases} \quad (51)$$

Kwantyfikikator *About 2000* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{ABOUT\ 2000}(x) = \begin{cases} \frac{x-1700}{300} & \text{jeśli } 1700 \leq x \leq 2000 \\ \frac{2300-x}{300} & \text{jeśli } 2000 \leq x \leq 2300 \end{cases} \quad (52)$$

Kwantyfikikator *About 3000* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{ABOUT\ 3000}(x) = \begin{cases} \frac{x-2600}{400} & \text{jeśli } 2600 \leq x \leq 3000 \\ \frac{3400-x}{400} & \text{jeśli } 3000 \leq x \leq 3400 \end{cases} \quad (53)$$

Kwantyfikikator *About 5000* - funkcja trójkątna:

$$Qt_{ABOUT\ 5000}(x) = \begin{cases} \frac{x-4500}{500} & \text{jeśli } 4500 \leq x \leq 5000 \\ \frac{5500-x}{500} & \text{jeśli } 5000 \leq x \leq 5500 \end{cases} \quad (54)$$

Kwantyfikikator *More than 6000* - funkcja trapezoidalna:

$$Qt_{MORE\ THAN\ 6000}(x) = \begin{cases} \frac{x-5500}{500} & \text{jeśli } 5500 \leq x \leq 6000 \\ 1 & \text{jeśli } 6000 \leq x \leq 17000 \end{cases} \quad (55)$$

5. Wyniki

W tym rozdziale przedstawimy wybrane, wygenerowane przez nasz program podsumowania lingwistyczne wraz z obliczonymi najważniejszymi miarami - dla podsumowań jednopodmiotowych będą to miary T_1 i miara optymalna T_s , dla podsumowań wielopodmiotowych będzie to jedyna analizowana miara $T_1 = T_m$.

W przypadku podsumowań jednopodmiotowych, nie wykorzystujących kwalifikatora (forma (3)), miara T_s nie będzie obliczna, ze względu na brak możliwości obliczenia miar od T_9 do T_{11} , które opierają się na kwalifikatorze.

Prezentowane podsumowania zostały przez nas podzielone ze względu na wykorzystywane zmienne lingwistyczne. Pierwsze trzy podrozdziały będą dotyczyły podsumowań jednopodmiotowych, ostatni zaś podsumowań wielopodmiotowych. Zaprezentujemy najciekawsze podsumowania w następującym porządku:

- nasłonecznienie (zmienna Q) a opady atmosferyczne (zmienna RH),
- temperatura latem i zimą (zmienne TGS i TGW) a nasłonecznienie (zmienna Q),
- zależności średniej prędkości wiatru (zmienna FG), temperatury (zmienne TGS) i nasłonecznienia (zmienna Q) w dniach letnich,
- porównanie różnych parametrów atmosferycznych dla różnych pór roku (podsumowania wielopodmiotowe).

5.1. Nasłonecznienie a opady atmosferyczne

Nr	Podsumowanie	T_s	T_1	Forma
1	About two thirds of measures have none precipitation.	-	0,602	(3)
2	Less than quarter of measures have low precipitation.	-	1,000	
3	Less than quarter of measures have high precipitation.	-	1,000	
4	None of measures have downpour precipitation.	-	0,814	
5	Some of measures have sunny insolation.	-	1,000	(3)
6	Some of measures have cloudy insolation.	-	1,000	
7	About one thirds of measures have cloudy insolation.	-	0,908	
8	More than 6000 of measures have cloudy insolation.	-	0,531	
9	Some of measures have overcast insolation.	-	1,000	
10	About one thirds of measures have overcast insolation.	-	0,444	
11	About 5000 of measures have overcast insolation.	-	0,328	
12	Majority of measures with sunny insolation have none precipitation.	0,780	1,000	(4)
13	Less than quarter of measures with sunny insolation have low precipitation.	0,727	1,000	
14	None of measures with overcast insolation have downpour precipitation.	0,748	0,719	
15	Less than quarter of measures with overcast insolation have downpour precipitation.	0,674	0,281	
16	Some of measures with overcast insolation have high precipitation.	0,731	0,623	
17	About 1000 of measures with overcast insolation have high precipitation.	0,754	0,483	

Tabela 1. Wybrane podsumowania lingwistyczne dla zmiennych lingwistycznych Q i RH

5.2. Temperatura latem i zimą a nasłonecznienie

Nr	Podsumowanie	T_s	T_1	Forma
18	Less than quarter of summer measures have cold daily average temperature.	-	0,432	(3)
19	Majority of summer measures have warm daily average temperature.	-	0,483	
20	Less than quarter of summer measures have hot daily average temperature.	-	0,209	
21	Some of winter measures have cold daily average temperature.	-	0,501	(3)
22	About two thirds of winter measures have warm daily average temperature.	-	0,929	
23	None of winter measures have hot daily average temperature.	-	0,947	
24	None of summer measures with sunny insolation have cold daily average temperature.	0,690	0,779	(4)
25	Almost all of summer measures with sunny insolation have warm daily average temperature.	0,708	1,000	
26	Less than quarter of summer measures with sunny insolation have hot daily average temperature.	0,631	0,418	
27	About one thirds of winter measures with sunny insolation have cold daily average temperature.	0,724	0,727	(4)
28	About two thirds of winter measures with sunny insolation have warm daily average temperature.	0,736	0,685	
29	None of winter measures with sunny insolation have hot daily average temperature.	0,759	0,953	

Tabela 2. Wybrane podsumowania lingwistyczne dla zmiennych lingwistycznych TGS , TGW i Q

5.3. Średnia prędkość wiatru, temperatura i nasłonecznienie latem

Nr	Podsumowanie	T_s	T_1	Forma
30	About one thirds of summer measures with hot daily average temperature have sunny insolation and gentle daily wind speed average.	0,734	0,607	(5)
31	Less than quarter of summer measures with warm daily average temperature have sunny insolation and gentle daily wind speed average.	0,624	1,000	
32	Less than quarter of summer measures with cold daily average temperature have sunny insolation and gentle daily wind speed average.	0,683	1,000	
33	Less than quarter of summer measures with sunny insolation have warm daily average temperature and strong daily wind speed average.	0,572	0,534	(5)
34	About half of summer measures with sunny insolation have warm daily average temperature and moderate daily wind speed average.	0,654	1,000	
35	Less than quarter of summer measures with overcast insolation have warm daily average temperature and strong daily wind speed average.	0,739	1,000	
36	About half of summer measures with overcast insolation have warm daily average temperature and moderate daily wind speed average.	0,633	0,137	
37	Less than quarter of summer measures with cloudy insolation have warm daily average temperature and strong daily wind speed average.	0,657	1,000	
38	About half of summer measures with cloudy insolation have warm daily average temperature and moderate daily wind speed average.	0,679	1,000	

Tabela 3. Wybrane podsumowania lingwistyczne dla zmiennych lingwistycznych FG , TGS i Q

5.4. Porównanie parametrów atmosferycznych dla różnych pór roku

Nr	Podsumowanie	T_m	Forma
39	Almost all of summer measures compared to winter measures have sunny insolation.	1,000	(6)
40	Less than quarter of summer measures compared to winter measures have very strong strongest wind blow.	1,000	
41	Some of summer measures compared to winter measures have strong daily wind speed average.	1,000	
42	About half of summer measures compared to winter measures have none precipitation.	1,000	
43	About half of spring or autumn measures compared to winter measures have high precipitation.	0,609	

Tabela 4. Wielopodmiotowe podsumowania lingwistyczne, porównujące parametry atmosferyczne dla różnych pór roku

6. Dyskusja

W tym rozdziale przedyskutujemy wyniki zaprezentowane w poprzedniej sekcji sprawozdania. Dyskusja została podzielona na podrozdziały, odpowiadające podrozdziałom z rozdziału z wynikami.

6.1. Nasłonecznienie a opady atmosferyczne

Podsumowania od 1. do 11. to jednopodmiotowe podsumowania lingwistyczne w formie (3). Pozostałe podsumowania w tabeli 1. (od 12. do 17.) wykorzystują kwalifikator, stanowią zatem przykłady dla formy (4).

Pierwsze cztery z podsumowań (od 1. do 4.) informują o udziale poszczególnych etykiet zmiennej lingwistycznej opisującej opady atmosferyczne (RH) w całej bazie danych. Okazuje się, że około dwie trzecie wszystkich pomiarów stanowią dni kompletnie bez opadów (*None*). Mniej niż 25% dni przebiegało zarówno z małą (*Low*) jak i dużą (*High*) ilością opadów atmosferycznych. Na podstawie podsumowania 4. należy zauważyć, że dni ulewne (*Downpour*) stanowiły znaczącą mniejszość, jednak wnioskując po wartości miary $T_1 = 0,814 < 1$ możemy z całą pewnością stwierdzić, że takie dni miały miejsce.

Podobną rolę jak podsumowania omówione w poprzednim akapicie, pełnią podsumowania od 5. do 11., tym razem koncentrujemy się na udziale poszczególnych etykiet zmiennej Q , a więc analizujemy zachmurzenie w Holandii w poszczególnych dniach. Już na pierwszy rzut oka widać, że dni z zachmurzeniem odpowiednio małym (dni słoneczne - etykieta *Sunny*), średnim (etykieta *cloudy*) oraz dużym (etykieta *overcast*) są liczebnie do siebie zbliżone. Jednak dzięki podsumowaniom wykorzystującym kwantyfikatory bezwzględne (8. i 11.) możemy dostrzec różnicę - liczba dni z zachmurzeniem średnim jest większa (*More than 6000*) od liczby dni z zachmurzeniem dużym (*About 5000*).

Pochylny się teraz nad podsumowaniami w formie (4), które wiążą opady atmosferyczne z zachmurzeniem. Na podstawie podsumowań 12. i 13. wnioskujemy rzecz wydawałoby się oczywistą, że w przeważnie słoneczne dni albo nie pada w ogóle, albo pada bardzo mało. Takie wyniki pokazują nie tylko poprawne działanie programu, lecz także uzmysławiają intuicyjność i użyteczność podsumowań lingwistycznych. Podsumowania od 14. do 17. informują, że w bardzo zachmurzone dni pada częściej - ulewne deszcze zdarzają się stosunkowo rzadko, jednak opady duże (*High*) zanotowano w znaczącej liczbie dni - znajdziemy w naszej bazie około 1000 pomiarów, spełniających te warunki.

Pod kątem miary optymalnej T_s najlepiej prezentuje się podsumowanie 12., niewiele gorsze wyniki obliczono dla podsumowań 14. i 17. Podsumowa-

niem o ogólnej najmniejszej jakości okazało się podsumowanie 15, najprawdopodobniej wynika to z niskiej wartości miary T_1 .

6.2. Temperatura latem i zimą a nasłonecznienie

Podsumowania od 18. do 23. reprezentują formę (3), pozostałe podsumowania zaś (od 24. do 29.) to podsumowania jednopodmiotowe z kwalifikatorem - forma (4).

Warto zwrócić uwagę, że w przypadku analizowanych podsumowań z tabeli 2., zmieniamy podmiot podsumowania. W podsumowaniach z poprzedniego podrozdziału, podmiotem był dowolny pomiar z naszej bazy danych. Tym razem podmiot stanowią będą pomiary letnie lub zimowe - znacząco zatem ograniczamy liczbę analizowanych rekordów w poszczególnych podsumowaniach.

Pierwsze sześć podsumowań, niesie za sobą informacje o rozkładzie temperatur latem (z wykorzystaniem zmiennej lingwistycznej *TGS* przystosowanej do temperatur letnich) - podsumowania od 18. do 20. oraz zimą (z użyciem zmiennej dla temperatur zimowych *TGW*) - podsumowania od 21. do 23. Okazuje się, że latem znaczna większość dni (*Majority*) jest ciepłych (*Warm*). Letnie dni zimne (*Cold*) i gorące (*Hot*) są reprezentowane przez zbiory pomiarów o podobnej liczebności (*Less than quarter*).

W przypadku pomiarów zimowych rozkład temperatur prezentuje się podobnie, choć nie identycznie. Około dwie trzecie zimowych dni jest względnie ciepłych (biorąc pod uwagę średnie zimowe temperatury), znajdziemy jednak również całkiem liczne (*Some*) zimne dni. Gorące dni zimą stanowią znaczną mniejszość - dla podsumowania 23. miara T_1 jest bardzo bliska jedności $T_1 = 0,947$, co w przypadku kwantyfikatora (*None*) oznacza, że gorące zimowe dni są bardzo nieliczne.

Podsumowania od 24. do 26. pokazują jakie średnie dzienne temperatury zmierzono dla letnich, słonecznych dni. Ponownie mamy do czynienia z rezultatem, który w żadnym stopniu nas nie zaskakuje - właściwie wszystkie (*Almost all*) letnie, słoneczne dni są ciepłe, mniej niż ćwierć z nich (*Less than quarter*) to dni gorące. W porze letniej, słoneczne, lecz zimne dni stanowią znaczną mniejszość.

Ciekawe wnioski możemy wyciągnąć na podstawie podsumowań od 27. do 29., które dotyczą słonecznych dni zimowych. Porównując obecnie analizowane podsumowania do podsumowań od 21. do 23., należy spostrzec interesującą zależność - udział zimowych, zimnych dni w słonecznych dniach (*About one thirds* - podsumowanie 27.) jest większy od udziału zimnych dni we wszystkich zimowych dniach (*Some* - podsumowanie 21.). Ze względu na to, że udział gorących dni w słonecznych dniach (podsumowanie 29.) jest właściwie identyczny jak w przypadku udziału dni gorących w ogóle dni zimowych, należy wnioskować, że stosunek liczby ciepłych dni do liczby zimo-

wych dni słonecznych (podsumowanie 28.) spadł względem stosunku liczby dni ciepłych do liczby wszystkich dni zimowych (podsumowanie 22.).

Biorąc pod uwagę powyższe rozumowanie wyciągamy niekoniecznie intuicyjny wniosek - okazuje się, że słoneczna pogoda sprzyja niskim temperaturom w porze zimowej w Holandii. Zupełnie odwrotnie niż latem, gdy słoneczny dzień niejako idzie w parze z wyższą temperaturą.

Pod względem wartości miary optymalnej T_s należy wyróżnić podsumowanie 29., zaś zdecydowanie najgorszy wynik pod kątem miary optymalnej zanotowano dla podsumowania 26.

6.3. Średnia prędkość wiatru, temperatura i nasłonecznienie latem

Wszystkie podsumowania w tabeli 3. to podsumowania w formie (5), a więc takie, które wykorzystują sumaryzator złożony.

Pierwsze trzy podsumowania (od 30. do 32.) ilustrują udział letnich, słonecznych dni (zmienna lingwistyczna Q) ze spokojnym wiatrem (zmienna FG opisująca średnią dzienną prędkość wiatru, etykieta *Gentle*) w letnich dniach o różnej temperaturze (ponownie wykorzystujemy zmienną TGS). Okazuje się, że najwięcej słonecznych dni ze spokojnym wiatrem jest wśród dni gorących (*About one thirds*). Zarówno wśród dni ciepłych (*Warm*) jak i zimnych (*Cold*) zaledwie mniej niż ćwierć (*Less than quarter*) stanowią dni słoneczne ze spokojnym wiatrem.

Teraz zwróćmy naszą uwagę na podsumowania - 33., 35., i 37. oraz 34., 36. i 38. Pierwsza trójka zestawia letnie, ciepłe dni z silnym wiatrem (*Strong*) jako sumaryzator z letnimi pomiarami o wybranym zachmurzeniu jako kwalifikator. Druga trójka podsumowań jest bardzo podobna, z tym że tym razem sumaryzator stonowią ciepłe dni z umiarkowanym wiatrem (*Moderate*). Okazuje się, że w obu przypadkach, bez względu na stopień zachmurzenia, otrzymujemy bardzo zbliżony rezultat. Dla podsumowań 33., 35., i 37. prawdziwe są zdania dla kwantyfikatora *Less than quarter*, zaś dla podsumowań 34., 36. i 38. miara T_1 osiąga dodatnie wartości za każdym razem dla kwantyfikatora *About half*.

W tej sekcji wyników, najwyższe wartości miary optymalnej T_s zanotowano dla podsumowań 30. i 35., zdecydowanie najniższe - dla podsumowania 33.

6.4. Porównanie parametrów atmosferycznych dla różnych pór roku

W tej sekcji dyskusji skupimy się na zaprezentowanych przez nas podsumowaniach wielopodmiotowych - forma (6), zebranych w tabeli 4. Podsumowania wielopodmiotowe umożliwiają porównywanie obiektów reprezentujących

różne podmioty. W naszym przypadku są to pomiary z różnych pór roku.

Na podstawie podsumowania 39. wnioskujemy, że prawie wszystkie letnie dni są bardziej nasłonecznione od dni zimowych. 40. podsumowanie informuje o tym, że zaledwie mniej niż ćwierć letnich dni ma silniejszy najsilniejszy poryw wiatru w ciągu dnia (sumaryzatorem w tym zdaniu jest etykieta *Very strong* zmiennej lingwistycznej *FX*), a co za tym idzie, możemy stwierdzić że zimą porywy wiatru są silniejsze. Następne podsumowanie (41.) wykorzystuje jako sumaryzator etykiety *Strong* zmiennej lingwistycznej *FG*. Możemy zauważyć, że ponownie tylko niektóre (*Some*) letnie pomiary osiągają większe wartości średniego wiatru, co utwierdza nas w przekonaniu że zimą wieje mocniej.

Podsumowanie 41. porównuje zimę i lato pod względem dni bez opadów atmosferycznych. Miara T_m dla tego podsumowania osiągnęła wartość $T_m = 1$, co przy kwantyfikatorze *About half* jasno wskazuje na to, że tak samo dużo dni bez opadów jest latem jak i zimą.

Ostatnie podsumowanie jest jedynym, przedstawionym przez nas, które odnosi się do pomiarów wiosennych i jesiennych. Sumaryzator stanowi etykieta *High* zmiennej lingwistycznej *RH* a więc duże opady atmosferyczne. Ponownie okazało się, że zdanie prawdziwe wykorzystuje sumaryzator *About half*, co wskazuje na to, że liczby dni wiosennych lub jesiennych oraz zimowych, z dużą liczbą opadów, są bardzo do siebie zbliżone.

7. Wnioski

Na drodze implementacji biblioteki do obliczeń rozmytych i podsumowań lingwistycznych, przeprowadzonych eksperymentów oraz ich dyskusji, wyciągneliśmy następujące wnioski:

- Podsumowania lingwistyczne stanowią bardzo skuteczny sposób analizy danych i jej interpretacji, odpowiednio dobrane zmienne lingwistyczne i kwantyfikatory umożliwiają potwierdzenie intuicyjnych, znanych zależności, ale także odnajdywanie nowych korelacji i związków między cechami badanych podmiotów.
- Parametry funkcji przynależności kwantyfikatorów absolutnych muszą być odpowiednio dobierane pod wielkość i rodzaj używanej bazy danych, w naszym przypadku dobrane przez nas kwantyfikatory bezwzględne okazały się dużo mniej użyteczne od kwantyfikatorów względnych.
- Analizowanie wartości osiąganych przez miary jakości od T_2 do T_{11} ma sens tylko wtedy gdy, miara T_1 osiąga wartość dodatnią.
- Liczba rekordów w bazie danych ma bezpośredni wpływ na precyzję i jakość generowanych podsumowań.
- Im węższe wartości funkcji przynależności zmiennych lingwistycznych, tym bardziej miarodajne wyniki.
- Bardzo ważnym aspektem jest dobór zbiorów rozmytych dla etykiet w taki sposób aby się nakładały (w ten sposób upewniamy się, że nasza dziedzi-

na nie będzie miała pustych obszarów - niepokrytych przez żaden zbiór rozmyty). Ta uwaga jest bardzo ważna również przy definiowaniu kwantyfikatorów względnych, ponieważ za wszelką cenę należy unikać sytuacji, w której istnieją takie konfiguracje kwalifikatorów i sumaryzatorów, dla których wygenerowane podsumowania nie osiągną dodatniej wartości miary T_1 dla żadnego z kwantyfikatorów względnych.

Literatura

- [1] Baza danych - "*Historical weather in the Netherlands 1901-2018*"
- [2] Narzędzie Maven
<https://maven.apache.org/>.
- [3] Biblioteka JavaFX
<https://openjfx.io/>
- [4] Methods for the linguistic summarization of data - applications of fuzzy sets and their extensions, Adam Niewiadomski, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2008.
- [5] Pozyskiwanie wiedzy z relacyjnych baz danych: wielopodmiotowe podsumowania lingwistyczne, Adam Niewiadomski, Izabela Superson.
- [6] Zadeh, L. A.: 1965, 'Fuzzy sets'. *Inf. and Control* 8, 338–353.