

Data oddania: _____

Ocena: _____

Mateusz Grotek 186816

Paweł Tarasiuk 186875

Zadanie 1.: Ekstrakcja cech, miary podobieństwa, klasyfikacja

1. Cel

Celem niniejszego zadania jest zbadanie różnych metod ekstrakcji cech oraz miar podobieństwa dla tekstu i zastosowanie ich w procesie klasyfikacji słabym klasyfikatorem kNN. Omówione zostaną metody znane w literaturze oraz nasze własne pomysły, a wszystkie te elementy znajdą swoje odzwierciedlenie w przygotowanej przez nas implementacji, co umożliwi nam wygenerowanie i ocenę wyników działania różnych metod.

2. Wprowadzenie

Klasyfikator kNN (k nearest neighbours, k najbliższych sąsiadów) to słaby klasyfikator, posiadający jednak istotną zaletę jaką jest prostota implementacji. Dlatego jest on szeroko stosowany, gdyż pomimo swojej prostoty daje relatywnie dobre wyniki. Dodatkowo można go użyć w technikach typu AdaBoost, które pozwalają z kilku słabych klasyfikatorów stworzyć jeden silny. Jego idea polega na wybraniu takiej kategorii która jest najczęstsza wśród sąsiadów wektora podlegającego klasyfikacji. Potencjalni sąsiedzi są dostarczani do klasyfikatora na etapie jego uczenia. Aby wskazać najbliższych sąsiadów należy oczywiście użyć jakiejś miary odległości, czyli metryki. Istnieje też odmiana klasyfikatora, którą moglibyśmy określić jako k najbardziej podobnych sąsiadów. W tej odmianie zamiast odległości w zadanej metryce używana jest funkcja podobieństwa. Pokazuje to jak szerokie zastosowanie może mieć ten klasyfikator.

W naszym projekcie użyliśmy następujących funkcji podobieństwa:

- miara Jaccarda,
- metoda n -gramów,
- autorska metoda bazująca na słowach kluczowych

Użyte zostały następujące metryki:

- metryka euklidesowa
- metryka uliczna
- metryka Czebyszewa

Klasyfikacji można dokonywać bezpośrednio na podanych tekstach, jednak takie rozwiązanie charakteryzuje się wysokim kosztem obliczeniowym. Dlatego często lepiej jest wyekstrahować ze zbiorów pewne wektory cech, które pozwolą szybko sklasyfikować dane teksty. Wybór wektorów cech zależy od postawionego zadania. W naszym projekcie użyliśmy trzech sposobów ekstrakcji cech:

- naiwny sposób bazujący na użyciu wszystkich słów
- bazujący na macierzy częstości terminów
- autorska metoda bazująca na zbiorach rozmytych

Sama klasyfikacja została wykonana na dwóch zbiorach danych, każdy podzielony na podzbiór uczący i podzbiór testowy, przy czym sposób podziału jest wybierany w aplikacji. Można dokonać podziału w sposób losowy (przy zadanych proporcjach), lub w ustalony sposób (60% początkowych tekstów jako zbiór uczący, reszta to zbiór testowy). Pierwszy zbiór danych, to zestaw krótkich wiadomości prasowych firmy Reuters. Drugi zestaw przygotowany przez nas, to teksty znanych pisarzy. Teksty prasowe zostały sklasyfikowane na podstawie dwóch kategorii: miejsca którego dotyczą i tematu. Jeśli chodzi o teksty znanych pisarzy, to zostały one sklasyfikowane kategorią, którą są nazwiska pisarzy.

Poniżej omówimy autorskie metody ekstrakcji cech i miarę podobieństwa, których użyliśmy. Główną ideą naszej metody ekstrakcji są słowa kluczowe. Zbiór takich słów należy przygotować dla konkretnego zadania. Może on być wyznaczony ręcznie, lub wygenerowany automatycznie na podstawie danych uczących. Zbiór takich słów dzielimy na podzbiory na podstawie ich znaczenia. Można oczywiście używać tylko jednego podzbioru w którym są umieszczone wszystkie słowa kluczowe, ale zwiększenie ilości podzbiorów może poprawić klasyfikację, ze względu na zwiększenie wymiarowości przestrzeni. W jednym podzbiorze powinny być słowa oznaczające podobne obiekty, na przykład nazwy geograficzne. Następnie dla każdej kategorii względem której klasyfikujemy przygotowujemy osobny zestaw podzbiorów. Inaczej mówiąc jeżeli kategorią jest „kanada” a jednym w jednym z podzbiorów znajdują się „organizacje”, to tworzymy podzbiór „kanadyjskie organizacje”. Widać, że jest to metoda analogiczna do tego jak ludzie kategoryzują obiekty. Wystarczy następnie zauważyć, że określenie „kanadyjskie organizacje” możemy modelować jako pewien zbiór rozmyty. Niektóre organizacje są stricte kanadyjskie, inne tylko częściowo. Na podstawie danych uczących, lub wiedzy eksperckiej jesteśmy w stanie podać funkcję przynależności do danego zbioru.

Mając taki zestaw zbiorów możemy wyekstrahować cechy z tekstów zbioru uczącego i na tej podstawie nauczyć klasyfikator. Ekstrakcja przebiega następująco. Wstępnie każdy element wektora cech jest liczbą, która jest sumą

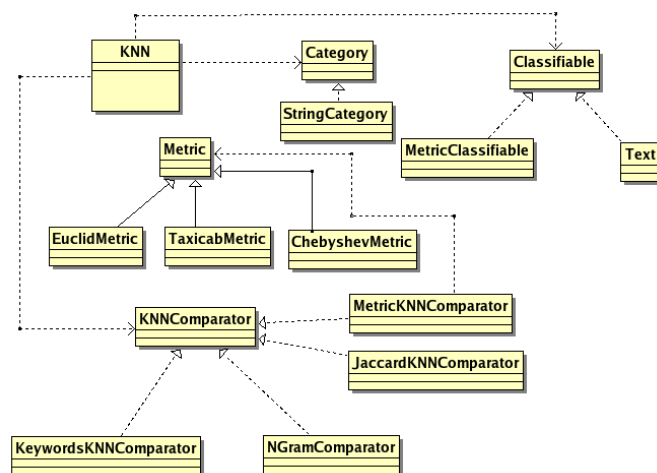
wartości funkcji przynależności dla każdego słowa, kluczowego z podanego zbioru rozmytego, które wystąpiło w podanym tekście. Opisuje to wzór

$$f_1(T, n) = \sum_{s \in K(n) \cap T} \mu_{K(n)}(s),$$

przy czym T to tekst z którego ekstrahujemy cechy, n to numer składowej wektora cech którą obliczamy, $K(n)$ to n -ty zbiór rozmyty, $\mu(s)$ to funkcja przynależności dla zbioru $K(n)$. Następnie wektor taki jest normalizowany do długości równej 1. Przy obliczaniu funkcji podobieństwa również użyliśmy słów kluczowych. Dla wybranych słów kluczowych liczony jest prosty współczynnik dopasowania (simple matching coefficient).

3. Opis implementacji

Implementacja programu została wykonana w języku Java. Poniżej prezentujemy orientacyjny wycinek diagramu klas naszego programu.



Rysunek 1. Wycinek uproszczonego diagramu klas aplikacji

4. Materiały i metody

Przygotowane rozwiązanie zawiera w sobie także interfejs graficzny wykonany przy wykorzystaniu biblioteki Swing. Wybór ten został podyktowany tym, że biblioteka ta jest domyślnie obecna w środowisku uruchomieniowym Javy, dzięki czemu nasz projekt nie ma żadnych dodatkowych zewnętrznych zależności. Interfejs pozwala wybrać przetwarzany zestaw danych, dopasować parametry wskazywania zbioru uczącego i testowego oraz daje dostęp do wszystkich dostępnych w projekcie metod i parametrów ekstrakcji cech, porównywania próbek i klasyfikacji. Po ustaleniu wszystkich właściwości zadanego problemu program wyświetla uogólnioną informację o tym, jaka część próbek została sklasyfikowana poprawnie oraz pozwala zapisać szczegółowe wyniki w plikach csv. Dostępne są trzy tryby generowania szczegółowych wyników:

- Raport z poszczególnych próbek ze zbioru testowego (do jakiej kategorii powinny należeć, a do jakiej zostały zaklasyfikowane)
- Statystyki TPR (jaka część próbek które powinny do niej należeć faktycznie do niej trafiła) i PPV (jaka część próbek zaklasyfikowanych do danej kategorii faktycznie do niej należy) opisujące każdą z kategorii
- Macierz, w której dla każdej pary właściwa kategoria/kategoria wskazana przez klasyfikator przechowywane są liczby przypadków w których tak się stało

W tym miejscu należy opisać, jak przeprowadzone zostały wszystkie badania, których wyniki i dyskusja zamieszczane są w dalszych sekcjach. Opis ten powinien być na tyle dokładny, aby osoba czytająca go potrafiła wszystkie przeprowadzone badania samodzielnie powtórzyć w celu zweryfikowania ich poprawności (a zatem m.in. należy zamieścić tu opis architektury sieci, wartości współczynników użytych w kolejnych eksperymentach, sposób inicjalizacji wag, metodę uczenia itp. oraz informacje o danych, na których prowadzone były badania). Przy opisie należy odwoływać się i stosować do opisanych w sekcji drugiej wzorów i oznaczeń, a także w jasny sposób opisać cel konkretnego testu. Najlepiej byłoby wyraźnie wyszczególnić (ponumerować) poszczególne eksperymenty tak, aby łatwo było się do nich odwoływać dalej.

5. Wyniki

W tej sekcji należy zaprezentować, dla każdego przeprowadzonego eksperymentu, kompletny zestaw wyników w postaci tabel, wykresów itp. Powinny być one tak ponazywane, aby było wiadomo, do czego się odnoszą. Wszystkie tabele i wykresy należy oczywiście opisać (opisać co jest na osiach, w kolumnach itd.) stosując się do przyjętych wcześniej oznaczeń. Nie należy tu komentować i interpretować wyników, gdyż miejsce na to jest w kolejnej sekcji. Tu również dobrze jest wprowadzić oznaczenia (tabel, wykresów) aby móc się do nich odwoływać poniżej.

Tabela 1: Wyniki przeprowadzonych prób

#	Zestaw	Zb. tr./ucz.	Podobieństwo	k	Kategoria	TPR	PPV
1	Kraje	40%/60%	R^n , wybr. sł., d_e	5	canada	28,39%	72,00%
					france	56,18%	75,76%
					japan	65,09%	82,63%
					uk	65,69%	84,81%
					usa	97,71%	89,71%
					west-germany	41,04%	70,51%
					poprawne:	88,41%	
2	Kraje	40%/60%	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	28,08%	72,36%
					france	60,67%	68,35%
					japan	74,53%	82,29%
					uk	68,63%	80,15%
					usa	97,62%	90,59%
					west-germany	38,81%	77,61%
					poprawne:	88,88%	
3	Kraje	40%/60%	R^n , zb. rozm., d_∞	5	canada	29,34%	72,09%
					france	66,29%	68,60%
					japan	75,94%	83,85%
					uk	66,99%	79,77%
					usa	97,52%	90,82%
					west-germany	41,79%	74,67%
					poprawne:	89,01%	
4	Kraje	40%/60%	R^n , zb. rozm., d_1	5	canada	28,08%	72,36%
					france	53,93%	72,73%
					japan	70,75%	82,87%
					uk	65,69%	83,06%
					usa	97,89%	90,00%
					west-germany	38,81%	77,61%
					poprawne:	88,67%	
5	Kraje	40%/60%	R^n , zb. rozm., d_e	3	canada	31,55%	38,76%
					france	58,43%	57,78%
					japan	72,17%	80,95%
					uk	65,36%	80,32%
					usa	94,49%	90,55%
					west-germany	43,28%	69,05%
					poprawne:	86,37%	
6	Kraje	40%/60%	R^n , zb. rozm., d_e	11	canada	26,50%	75,68%
					france	53,93%	71,64%
					japan	73,58%	80,41%
					uk	65,69%	83,40%
					usa	97,85%	89,90%
					west-germany	35,82%	76,19%
					poprawne:	88,58%	

Tabela 1: Wyniki przeprowadzonych prób

#	Zestaw	Zb. tr./ucz.	Podobieństwo	k	Kategoria	TPR	PPV
7	Kraje	20%/30%, losowanie	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	34,87%	73,61%
					france	50,00%	48,39%
					japan	65,66%	80,25%
					uk	60,71%	78,16%
					usa	97,46%	91,04%
					west-germany	18,52%	55,56%
					poprawne:	89,10%	
8	Kraje	40%/60%, losowanie	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	29,57%	72,04%
					france	60,14%	70,34%
					japan	67,97%	83,77%
					uk	70,43%	83,26%
					usa	97,19%	89,39%
					west-germany	34,36%	67,00%
					poprawne:	87,86%	
9	Kraje	40%/60%, losowanie, zachodzenie	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	32,07%	69,70%
					france	66,01%	78,91%
					japan	75,09%	83,14%
					uk	74,32%	85,36%
					usa	97,32%	90,75%
					west-germany	52,26%	78,20%
					poprawne:	89,19%	
10	Kraje	60%/90%, losowanie, zachodzenie	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	33,99%	78,25%
					france	71,24%	82,56%
					japan	79,19%	88,50%
					uk	74,33%	87,91%
					usa	98,20%	91,22%
					west-germany	45,67%	82,53%
					poprawne:	90,35%	
11	Kraje	20%/30%	R^n , wszystko, d_e	5	canada	5,26%	16,33%
					france	36,67%	40,74%
					japan	39,39%	58,21%
					uk	61,61%	51,49%
					usa	95,94%	89,44%
					west-germany	12,96%	100,00%
					poprawne:	84,98%	
12	Kraje	20%/30%	R^n , wybr. sł., d_e	5	canada	32,89%	83,33%
					france	40,00%	50,00%
					japan	52,53%	75,36%
					uk	53,57%	69,77%
					usa	97,59%	90,38%
					west-germany	22,22%	41,38%
					poprawne:	88,29%	

Tabela 1: Wyniki przeprowadzonych prób

#	Zestaw	Zb. tr./ucz.	Podobieństwo	k	Kategoria	TPR	PPV
13	Kraje	20%/30%	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	35,53%	72,97%
					france	50,00%	48,39%
					japan	64,65%	80,00%
					uk	60,71%	78,16%
					usa	97,32%	91,14%
					west-germany	24,07%	56,52%
					poprawne:	89,10%	
14	Kraje	20%/30%	Jaccard	5	canada	17,11%	50,00%
					france	40,00%	60,00%
					japan	54,55%	71,05%
					uk	67,86%	78,35%
					usa	98,39%	90,74%
					west-germany	20,37%	84,62%
					poprawne:	88,69%	
15	Kraje	10%/15%	R^n , wszystko, d_e	5	canada	3,28%	4,88%
					france	12,50%	9,09%
					japan	11,76%	80,00%
					uk	43,75%	26,92%
					usa	95,69%	91,58%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	85,65%	
16	Kraje	10%/15%	R^n , wybr. sł., d_e	5	canada	31,15%	90,48%
					france	25,00%	25,00%
					japan	52,94%	94,74%
					uk	34,38%	68,75%
					usa	98,56%	92,09%
					west-germany	21,43%	37,50%
					poprawne:	90,78%	
17	Kraje	10%/15%	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	29,51%	90,00%
					france	50,00%	57,14%
					japan	61,76%	84,00%
					uk	40,62%	72,22%
					usa	98,82%	92,33%
					west-germany	25,00%	70,00%
					poprawne:	91,52%	
18	Kraje	10%/15%	Jaccard	5	canada	16,39%	43,48%
					france	12,50%	33,33%
					japan	32,35%	91,67%
					uk	46,88%	55,56%
					usa	98,56%	91,23%
					west-germany	3,57%	33,33%
					poprawne:	89,44%	

Tabela 1: Wyniki przeprowadzonych prób

#	Zestaw	Zb. tr./ucz.	Podobieństwo	k	Kategoria	TPR	PPV
19	Kraje	10%/15%	Wg. sł. kluczowych	5	canada	19,67%	92,31%
					france	0,00%	0,00%
					japan	41,18%	93,33%
					uk	31,25%	55,56%
					usa	99,24%	90,93%
					west-germany	10,71%	42,86%
					poprawne:	90,11%	
20	Kraje	4%/6%	R^n , wszystko, d_e	5	canada	0,00%	0,00%
					france	0,00%	0,00%
					japan	30,00%	50,00%
					uk	20,00%	33,33%
					usa	95,48%	92,26%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	87,36%	
21	Kraje	4%/6%	R^n , wszystko, d_∞	5	canada	5,00%	5,88%
					france	0,00%	0,00%
					japan	40,00%	50,00%
					uk	10,00%	11,11%
					usa	94,25%	91,62%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	86,43%	
22	Kraje	4%/6%	R^n , wszystko, d_1	5	canada	0,00%	0,00%
					france	0,00%	0,00%
					japan	0,00%	0,00%
					uk	40,00%	11,76%
					usa	94,87%	92,77%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	86,62%	
23	Kraje	4%/6%	R^n , wszystko, d_e	3	canada	15,00%	8,57%
					france	0,00%	0,00%
					japan	30,00%	60,00%
					uk	20,00%	33,33%
					usa	92,20%	93,74%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	84,94%	
24	Kraje	4%/6%	R^n , wszystko, d_e	11	canada	0,00%	0,00%
					france	0,00%	0,00%
					japan	30,00%	60,00%
					uk	10,00%	33,33%
					usa	99,59%	91,68%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	90,89%	

Tabela 1: Wyniki przeprowadzonych prób

#	Zestaw	Zb. tr./ucz.	Podobieństwo	k	Kategoria	TPR	PPV
25	Kraje	4%/6%	R^n , wybr. sł., d_e	5	canada	15,00%	100,00%
					france	33,33%	50,00%
					japan	40,00%	66,67%
					uk	20,00%	33,33%
					usa	98,97%	92,51%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	91,45%	
26	Kraje	4%/6%	R^n , zb. rozm., d_e	5	canada	25,00%	83,33%
					france	66,67%	66,67%
					japan	70,00%	100,00%
					uk	30,00%	60,00%
					usa	99,38%	93,80%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	93,12%	
27	Kraje	4%/6%	Jaccard	5	canada	5,00%	8,33%
					france	100,00%	100,00%
					japan	30,00%	50,00%
					uk	40,00%	44,44%
					usa	96,71%	92,72%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	89,59%	
28	Kraje	4%/6%	Wg. sł. kluczowych	5	canada	5,00%	50,00%
					france	0,00%	0,00%
					japan	10,00%	100,00%
					uk	20,00%	100,00%
					usa	99,79%	91,18%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	91,08%	
29	Kraje	4%/6%	fuzzy	5	canada	0,00%	0,00%
					france	0,00%	0,00%
					japan	0,00%	0,00%
					uk	10,00%	16,67%
					usa	98,36%	91,24%
					west-germany	0,00%	0,00%
					poprawne:	89,22%	
30	Tematy	40%/60%	R^n , wszystko, d_e	5	grain	93,78%	98,60%
					interest	98,29%	92,47%
					poprawne:	95,75%	
31	Tematy	40%/60%	R^n , wszystko, d_∞	5	grain	84,89%	90,95%
					interest	89,14%	82,11%
					poprawne:	86,75%	
32	Tematy	40%/60%	R^n , wszystko, d_1	5	grain	83,56%	98,95%
					interest	98,86%	82,38%
					poprawne:	90,25%	

Tabela 1: Wyniki przeprowadzonych prób

#	Zestaw	Zb. tr./ucz.	Podobieństwo	k	Kategoria	TPR	PPV
33	Tematy	40%/60%	R^n , wszystko, d_e	3	grain	93,78%	99,06%
					interest	98,86%	92,51%
					poprawne:	96,00%	
34	Tematy	40%/60%	R^n , wszystko, d_e	11	grain	94,67%	100,00%
					interest	100,00%	93,58%
					poprawne:	97,00%	
35	Tematy	20%/30%, losowanie	R^n , wszystko, d_e	5	grain	75,24%	100,00%
					interest	100,00%	78,51%
					poprawne:	87,00%	
36	Tematy	40%/60%, losowanie	R^n , wszystko, d_e	5	grain	86,03%	100,00%
					interest	100,00%	82,76%
					poprawne:	91,64%	
37	Tematy	40%/60%, losowanie, zachodzenie	R^n , wszystko, d_e	5	grain	91,81%	100,00%
					interest	100,00%	90,18%
					poprawne:	95,33%	
38	Tematy	60%/90%, losowanie, zachodzenie	R^n , wszystko, d_e	5	grain	92,04%	99,79%
					interest	99,74%	90,33%
					poprawne:	95,33%	
39	Tematy	40%/60%	R^n , wybr. sł., d_e	5	grain	85,78%	98,47%
					interest	98,29%	84,31%
					poprawne:	91,25%	
40	Tematy	40%/60%	R^n , zb. rozm., d_e	5	grain	98,67%	96,52%
					interest	95,43%	98,24%
					poprawne:	97,25%	
41	Tematy	40%/60%	Jaccard	5	grain	98,22%	99,10%
					interest	98,86%	97,74%
					poprawne:	98,50%	
42	Tematy	40%/60%	Wg. sł. kluczowych	5	grain	86,22%	100,00%
					interest	100,00%	84,95%
					poprawne:	92,25%	
43	Tematy	40%/60%	fuzzy	5	grain	93,33%	99,53%
					interest	99,43%	92,06%
					poprawne:	96,00%	
44	Autorzy	40%/60%	R^n , wszystko, d_e	5	Byron	76,42%	70,43%
					Shakespeare	72,13%	77,88%
					poprawne:	74,12%	
45	Autorzy	40%/60%	R^n , wszystko, d_∞	5	Byron	63,21%	62,04%
					Shakespeare	66,39%	67,50%
					poprawne:	64,91%	
46	Autorzy	40%/60%	R^n , wszystko, d_1	5	Byron	93,40%	54,10%
					Shakespeare	31,15%	84,44%
					poprawne:	60,09%	

Tabela 1: Wyniki przeprowadzonych prób

#	Zestaw	Zb. tr./ucz.	Podobieństwo	k	Kategoria	TPR	PPV
47	Autorzy	40%/60%	R^n , wszystko, d_e	3	Byron	76,42%	71,05%
					Shakespeare	72,95%	78,07%
					poprawne:	74,56%	
48	Autorzy	40%/60%	R^n , wszystko, d_e	11	Byron	73,58%	71,56%
					Shakespeare	74,59%	76,47%
					poprawne:	74,12%	
49	Autorzy	40%/60%	R^n , wybr. sł., d_e	5	Byron	32,08%	58,62%
					Shakespeare	80,33%	57,65%
					poprawne:	57,89%	
50	Autorzy	40%/60%	R^n , zb. rozm., d_e	5	Byron	23,58%	53,19%
					Shakespeare	81,97%	55,25%
					poprawne:	54,82%	
51	Autorzy	40%/60%	Jaccard	5	Byron	53,77%	79,17%
					Shakespeare	87,70%	68,59%
					poprawne:	71,93%	
52	Autorzy	40%/60%	Wg. sł. kluczowych	5	Byron	30,19%	50,79%
					Shakespeare	74,59%	55,15%
					poprawne:	53,95%	
53	Autorzy	40%/60%	N-gramy	5	Byron	1,89%	100,00%
					Shakespeare	100,00%	53,98%
					poprawne:	54,39%	

6. Dyskusja

Powyższe wyniki wskazują, że zwiększając parametr k klasyfikatora w podanych granicach polepsza się jakość klasyfikacji. Najlepsza dla zbioru notatek prasowych okazała się nasza autorska metoda bazująca na zbiorach rozmytych. Dla zbioru tekstów znanych pisarzy bardzo dobre wyniki uzyskała metoda naiwnej ekstrakcji z metryką euklidesową, a także metoda bazująca na mierze Jaccarda. Niektóre metody nie są skuteczne, gdyż ich czas obliczeń jest zbyt długi dla dużego zbioru tekstów. Do tych metod należą: metoda n -gramów, naiwna ekstrakcja bazująca na wszystkich słowach a także podobieństwo bazujące na słowach kluczowych. [Seksja ta powinna zawierać dokładną interpretację uzyskanych wyników eksperymentów wraz ze szczegółowymi wnioskami z nich płynącymi. Najcenniejsze są, rzecz jasna, wnioski o charakterze uniwersalnym, które mogą być istotne przy innych, podobnych zadaniach. Należy również omówić i wyjaśnić wszystkie napotkane problemy \(jeśli takie były\). Każdy wniosek powinien mieć poparcie we wcześniej przeprowadzonych eksperymentach \(odwołania do konkretnych wyników\). Jest to jedna z najważniejszych sekcji tego sprawozdania, gdyż prezentuje poziom zrozumienia badanego problemu.](#)

7. Wnioski

[W tej, przedostatniej, sekcji należy zamieścić podsumowanie najważniejszych wniosków z sekcji poprzedniej. Najlepiej jest je po prostu wypunktować. Znow, tak jak poprzednio, najistotniejsze są wnioski o charakterze uniwersalnym.](#)

Literatura

- [1] Niewiadomski A., 2009, *Materiały, przykłady i ćwiczenia do przedmiotu Komputerowe Systemy Rozpoznawania*, skrypt