

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

KIERUNEK: INFORMATYKA (INF)
SPECJALNOŚĆ: GRAFIKA I SYSTEMY MULTIMEDIALNE (IGM)

PRACA DYPLOMOWA
MAGISTERSKA

Metoda automatycznej oceny podobieństwa
semantycznego tekstów na potrzeby analizy
dyskursu publicznego

Automatic assessment of semantic similarity of
texts for the analysis of public discourse

AUTOR:

Marcin Kotas

PROWADZĄCY PRACĘ:
dr inż. Tomasz Walkowiak K30Wo4Do3

Streszczenie

Lorem ipsum dolor sit amet eleifend et, congue arcu. Morbi tellus sit amet, massa. Vivamus est id risus. Sed sit amet, libero. Aenean ac ipsum. Mauris vel lectus.

Nam id nulla a adipiscing tortor, dictum ut, lobortis urna. Donec non dui. Cras tempus orci ipsum, molestie quis, lacinia varius nunc, rhoncus purus, consectetur congue risus.

Słowa kluczowe: raz, dwa, trzy, cztery

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet eleifend et, congue arcu. Morbi tellus sit amet, massa. Vivamus est id risus. Sed sit amet, libero. Aenean ac ipsum. Mauris vel lectus.

Nam id nulla a adipiscing tortor, dictum ut, lobortis urna. Donec non dui. Cras tempus orci ipsum, molestie quis, lacinia varius nunc, rhoncus purus, consectetur congue risus.

Słowa kluczowe: one, two, three, four

Spis treści

1. Wstęp	8
1.1. Cel i zakres pracy	8
1.2. Układ pracy	8
2. Korpus	10
2.1. Format danych	10
2.2. Przetwarzanie danych	10
2.3. Uzupełnienie danych o posłach	11
2.4. Końcowy format korpusu	11
3. Reprezentacja wektorowa	12
3.1. Wektory zdań	13
3.2. Wektory wypowiedzi	15
3.2.1. Ważenie LexRank	15
3.2.2. Ważenie TF-IDF	16
3.3. Alternatywne rozwiązania	17
3.3.1. Sieć konwolucyjna	17
3.3.2. TF-IDF	18
4. Modelowanie tematyczne	19
4.1. Redukcja wymiarów	19
4.2. Grupowanie	20
4.3. Reprezentacja tematu	22
5. Ocena skuteczności modeli	25
5.1. Ewaluacja spójności reprezentacji tematów	25
5.2. Ewaluacja spójności rozkładu tematów	27
5.3. Końcowa ocena	28
5.3.1. Ocena liczby przyporządkowanych dokumentów	29
5.3.2. Ocena liczby tematów	29
5.3.3. Implementacja	32
5.4. Przeprowadzenie pomiarów	33
5.4.1. Optymalizacje	34
5.5. Ewaluacja LDA	35
6. Analiza wyników	38
6.1. Porównanie metod generowania wektorów	38
6.1.1. Sentence Transformers	38
6.1.2. TF-IDF	40
6.1.3. Universal Sentence Encoder	40
6.2. Porównanie z LDA	41
6.3. Omówienie wyników dla poszczególnych metryk	41
6.3.1. Spójność reprezentacji tematów	42

6.3.2. Spójność rozkładu tematów	42
6.3.3. Pozostałe	43
7. Podsumowanie	44
Literatura	45
A. Wyniki	48

Spis rysunków

3.1.	Mechanizm atencji — wizualizacja wag	13
3.2.	Architektura modelu Sentence-BERT	14
3.3.	Układ modeli nauczyciel-uczeń w procesie uczenia wielojęzykowego SBERT	14
3.4.	Dystrybucja długości wypowiedzi (zakres do 2000 słów)	15
3.5.	Graf ważony miarą podobieństwa między zdaniami	16
3.6.	Suma wartości tf-idf w zależności od liczby wykrytych słów	17
4.1.	Dwuwymiarowa reprezentacja danych przez UMAP	20
4.2.	Minimalne drzewo rozpinające	21
4.3.	Dendrogramy hierarchii klastrów	22
4.4.	Klastry wykryte przez HDBSCAN	23
5.1.	Wyniki C_{UMass} dla parametru $n_neighbors$ równego 15	26
5.2.	Wyniki C_{NPMI} dla parametru $n_neighbors$ równego 15	27
5.3.	Wyniki s_c dla parametru $min_cluster_size$ równego 100	29
5.4.	Uśrednione wyniki	30
5.5.	Liczba rozpoznanych dokumentów przed i po znormalizowaniu dla wybranych parametrów	31
5.6.	Liczba tematów przed i po znormalizowaniu dla wybranych parametrów	32
5.7.	Wyniki pomiarów dla LDA: a) C_{NPMI} , b) C_{UMass}	36

Spis tabel

4.1. Reprezentacje wybranych tematów: a) bez MMR, b) z MMR	24
5.1. Testowane parametry algorytmu HDBSCAN	34
5.2. Średnie wyniki dla zakresu parametrów: a) ograniczonego, b) pełnego	34
5.3. Liczba analizowanych próbek w zależności od liczby wykrytych tematów (mediana)	35
5.4. Wyniki pomiarów dla LDA w zależności od liczby tematów	36
5.5. Reprezentacje pięciu losowo wybranych tematów dla LDA: a) 80 tematów, b) 200 tematów	37
6.1. Reprezentacje wybranych tematów dla modelu sbert-default z parametrami (15,100,100)	39
6.2. Wyniki 10 najlepszych modeli SBERT	39
6.3. Macierz korelacji Pearsona dla parametrów oraz metryk	42

Spis listingów

5.1.	Algorytm obliczania spójności tematów	28
5.2.	Funkcja obliczająca spójność s_c	32
5.3.	Obliczanie finalnej oceny spójności tematów dla listy modeli	33

Rozdział 1

Wstęp

1.1. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest zbadanie skuteczności nowoczesnych metod z dziedziny przetwarzania języka naturalnego na nieotagowanym zestawie danych. W ostatnich latach powstały przełomowe rozwiązania oparte na modelach językowych bazujących na architekturze BERT. W pracy przeprowadzone zostaną badania mające na celu ustalenie, jak sprawują się takie metody dla języka polskiego w kontekście nienadzorowanego problemu modelowania tematycznego. Jest to zadanie, w którym model językowy grupuje dokumenty poprzez analizę semantyczną zakładając, że zgrupowane dokumenty reprezentują wspólny temat.

Jako źródło dokumentów posłużą wypowiedzi posłów Sejmu III Rzeczypospolitej Polskiej pozyskane z korpusu dyskursu parlamentarnego. Z takim zbiorem danych wiążą się dodatkowe wyzwania, mianowicie nie wszystkie wypowiedzi zawierają wyróżniające słowa (np. kiedy wypowiedź jest odpowiedzią na zapytanie to osoba nie zawsze zatrzyma się w wypowiedzi kontekst). Dodatkowo, większość współczesnych metod NLP operuje na krótkich dokumentach, podczas gdy wypowiedzi sejmowe mają formę nierzadko długich przemówień. Te aspekty zbioru danych oraz wysokie zróżnicowanie tematyczne kwestii poruszanych w sejmie sprawiają, że jest to interesujący i obiecujący zestaw dokumentów do analizy.

Analiza przeprowadzona zostanie na modelach wykorzystujących trzy alternatywne podejścia kodowania dokumentów:

- architektura BERT,
- sieć konwolucyjna,
- TF-IDF (metoda statystyczna).

Ponadto, testy wykonane zostaną dla różnych kombinacji parametrów wykorzystywanych algorytmów do redukcji wymiarowości i grupowania wektorów, aby odnaleźć optymalne wartości dla analizowanego korpusu.

Jako alternatywną metodę modelowania tematycznego dokumentów, która stanowi punkt odniesienia, przeprowadzona zostanie analiza modelem LDA. Jest to obecnie jedno z najpopularniejszych narzędzi przeprowadzania modelowania tematycznego[15], które bazuje na metodach statystycznych.

1.2. Układ pracy

W kolejnym rozdziale omówiony zostanie wykorzystywany korpus wypowiedzi sejmowych, oraz działania jakie zostały wykonane podczas jego przetwarzania. W rozdziale trzecim przedstawiono wszystkie analizowane metody generowania wektorów dokumentów. Rozdział

czwarty zawiera opisy kolejnych kroków wykonywanych w ramach modelowania tematycznego — redukcja wymiarowości wektorów, grupowanie oraz generowanie reprezentacji tematu. W kolejnym rozdziale przedstawione zostały sposoby ewaluacji tematów odnalezionych w korpusie. W szóstym rozdziale opisano uzyskane wyniki zarówno pod kątem wykorzystywanych metod i parametrów, jak i zastosowanych metryk. W ostatnim rozdziale zawarto podsumowanie pracy.

Rozdział 2

Korpus

W pracy skorzystano z Korpusu Dyskursu Parlamentarnego[23], zwanym dalej PPC. Korpus zawiera dane sejmowe wygenerowane z zapisów stenograficznych z lat 1991–2019 oraz ze zdigitalizowanych transkrypcji z lat 1918–1990. Zawarte są również dane z senatu oraz posiedzeń komisji i interpelacji, jednak w tej pracy skupiono się na danych z posiedzeń plenarnych sejmu III RP. Są to posiedzenia od początku Sejmu I Kadencji (25 listopada 1991), wybranego w pierwszych po wojnie w pełni wolnych wyborach.

2.1. Format danych

Korpus dostępny jest w formacie bazującym na XML TEI P5, opracowanym na potrzeby NKJP (*Narodowy Korpus Języka Polskiego*). Każde posiedzenie udokumentowane jest szeregiem plików reprezentujących inne aspekty analizy tekstu. Dostępne są m.in. znaczniki morfosyntaktyczne, lematy, czy grupy syntaktyczne. Pełna struktura opisana została w [22], natomiast na potrzeby tej pracy przetworzone zostały jedynie następujące pliki:

- header.xml — metadane posiedzenia (data, lista mówców),
- text_structure.xml — kolejne wypowiedzi z oznaczonym mówcą.

Adnotacje lingwistyczne nie zostały uwzględnione, gdyż ze względu na specyfikę poruszanego problemu wymagane są surowe, nieoznakowane teksty.

2.2. Przetwarzanie danych

W celu ograniczenia liczby wypowiedzi, które nie są istotne z punktu widzenia analizy, wykonano szereg czynności mających na celu odfiltrowanie nierzeczowych fragmentów.

Zdarza się, że w trakcie wypowiedzi występują wtrącenia innych osób. Takie komentarze są jednak odpowiednio oznakowane (#komentarz, czy #głosZSali). Dodatkowo, wszelkie komentarze do wypowiedzi występują jako osobny wpis, którego treść zawarta jest w nawiasach. Takie fragmenty są usuwane, aby nie zaburzyć treści wypowiedzi danej osoby.

Ponadto przyjęto, że wypowiedzi marszałków oraz wicemarszałków ograniczają się do zarządzania procedowaniem sejmu, więc nie wprowadzają żadnej wartości. Na końcu usunięto wypowiedzi, których liczba znaków nie przekracza dwustu. Próg ten wyznaczony został empirycznie tak, aby odrzucić wypowiedzi nie zawierające żadnej konkretnej informacji.

2.3. Uzupełnienie danych o posłach

Korpus uzupełniono o dane na temat osób wypowiadających się. W tym celu skorzystano z internetowego Archiwum Danych o Posłach¹. Na stronie dostępne są dane z różnym poziomem szczegółowości o posłach wszystkich kadencji od roku 1952. Z archiwum pobrano następujące informacje dla wszystkich posłów III RP: klub parlamentarny, lista wyborcza, partia oraz okręg wyborczy.

Dane o posłach powiązano ze wpisami w korpusie na podstawie imienia i nazwiska mówcy. W ten sposób udało się dopasować zdecydowaną większość wypowiadających się — ponad 91%. W pozostałych przypadkach wypowiadają się zwykle osoby nie z rządu, np. prezydent.

Dokonano ręcznej weryfikacji spójności danych o okręgach wyborczych i uwspółniono okręgi z większych miast. Następnie do każdego okręgu dopasowano województwo.

2.4. Końcowy format korpusu

Po przetworzeniu korpusu otrzymano 291415 wypowiedzi na przestrzeni 28 lat. Dla każdej z nich dostępne są następujące informacje:

- id — identyfikator wypowiedzi, który składa się z identyfikatora posiedzenia (z PPC) połączonego z tagiem wypowiedzi (np. div-123),
- mówca — imię i nazwisko tak, jak występuje bezpośrednio w PPC,
- data — data posiedzenia, z którego pochodzi dana wypowiedź,
- text — treść wypowiedzi,
- poseł* — imię i nazwisko posła wzięte z archiwum,
- klub* — klub parlamentarny, do którego należy poseł,
- lista* — lista wyborcza, z której startował poseł,
- partia** — partia, do której należy poseł,
- okręg* — okręg wyborczy posła,
- kadencja — kadencja, z której pochodzi dana wypowiedź

* dostępne dla ok. 91% wypowiedzi

** dostępne dla ok. 18% wypowiedzi

¹<https://orka.sejm.gov.pl/ArchAll2.nsf> (dostęp dnia 14 maja 2021)

Rozdział 3

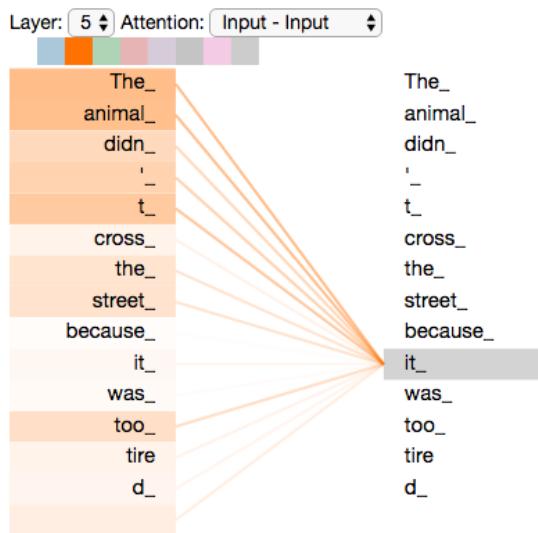
Reprezentacja wektorowa

W zagadnieniach NLP (ang. *Natural Language Processing*) słowa wyrażone są w postaci wektorów liczb rzeczywistych (ang. *word embedding*). W powstałej przestrzeni odległość między wektorami reprezentującymi podobne słowa jest mniejsza, niż odległość między słowami o różnym znaczeniu. Tradycyjne metody opierają się na semantycznej dystrybucji. Zgodnie z tą teorią, słowa występujące w podobnym kontekście mają podobne znaczenie[14]. Bazując na tej zasadzie skonstruowano wiele algorytmów, zdolnych do wygenerowania wektorów słów analizując dużą ilość nieustrukturyzowanych tekstów. Architektura takich modeli opiera się na sieciach neuronowych próbujących przewidzieć słowo w zależności od kontekstu (modele CBOW — ang. *Continuous bag-of-words*) lub kontekst w zależności od słowa (ang. *skip-gram*)[20], gdzie kontekst to otaczające słowa. Wadą tych modeli jest fakt, że są one niekontekstowe. Oznacza to, że po nauczeniu modelu, gdy chcemy go wykorzystać do obliczenia wektora danego słowa, to otrzymany wektor nie bierze pod uwagę kontekstu, w jakim występuje to słowo. Przykładowo słowo „zamek” będzie reprezentowane przez taki sam wektor niezależnie od tego, czy w danym zdaniu odnosi się do zabezpieczenia antywłamaniowego, czy też widowiskowej dolnośląskiej budowli obronnej.

Nie oznacza to jednak, że modele bazujące na *bag-of-words* i *word-to-vec* dają złe wyniki. Wręcz przeciwnie, jak pokazano w [32] modele te nie tylko dają dobre rezultaty, ale wraz ze wzrostem liczby dokumentów dodatkowe wstępne przetwarzanie (lematyzacja) przestają poprawiać dokładność. Należy jednak mieć na uwadze, iż w tej pracy uzyskane wektory posłużyły do nadzorowanego wytrenowania klasyfikatora opartego o wielowarstwowy perceptron. Nie jest jasne, czy podczas nienadzorowanego wykrywania tematów wektory te spiszą się równie dobrze.

W 2018 r ukazała się praca prezentująca BERT (ang. *Bidirectional Encoder Representations from Transformers*)[11]. Był to pierwszy model kontekstowy. Oparty jest na transformerach[31] — mechanizmach wykorzystujących bloki atencji. Mechanizmy te wykrywają zależności między słowami w zdaniu. Do warstwy atencji wszystkie słowa wprowadzane są równolegle, a na wyjściu dla każdego słowa otrzymujemy ważoną sumę wektorów wszystkich słów. Im większe powiązanie słowa ze słowem analizowanym, tym większa waga. Przykład zilustrowany na rysunku 3.1 przedstawia wagę poszczególnych słów w zdaniu „The animal didn't cross the street because it was too tired” w kontekście słowa „it”. Zaimek ten może odnosić się zarówno do zwierzęcia z początku zdania (ang. *The animal*), jak i ulicy (ang. *the street*). Mechanizm przypisał największą wagę do zwierzęcia, co jest poprawnym działaniem w kontekście tego zdania.

Równoległe wprowadzanie wszystkich słów wymusza górną ograniczenie na długość zdania. Dla większości modeli bazujących na transformerach limit wynosi 512 tokenów. Tokenem może być zarówno słowo, jak i część zdania typu przecinek, stąd faktyczny limit liczony w słowach jest jeszcze niższy. Jest to mocno ograniczający limit w kontekście wykorzystywanego korpusu,



Rys. 3.1: Mechanizm atencji — wizualizacja wag poszczególnych słów podczas analizy słowa „it”.
Źródło: <https://jalammar.github.io/illustrated-transformer>

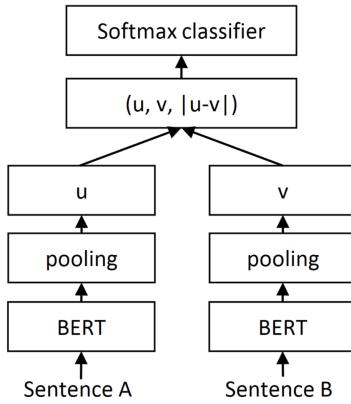
w którym wypowiedzi często złożone są z kilkudziesięciu zdań. Problem ten opisywany jest szerzej w rozdziale 3.2.

3.1. Wektory zdań

Modele bazujące na BERT stworzone są z myślą generowania wektorów dla każdego tokenu wejściowego. Otrzymane w ten sposób wektory kodują informacje semantyczne o wszystkich słowach zdania, jednak nie zawierają informacji o samym zdaniu. Jedną z możliwości jest wykorzystanie wartości wektora dla tokenu CLS — jest to token wykorzystywany podczas uczenia modelu i reprezentuje znaczenie zdania w kontekście zadań klasyfikacji[11]. Można również uśrednić wektory wszystkich słów, jednak nie wszystkie słowa w zdaniu niosą tak samo dużo znaczenia.

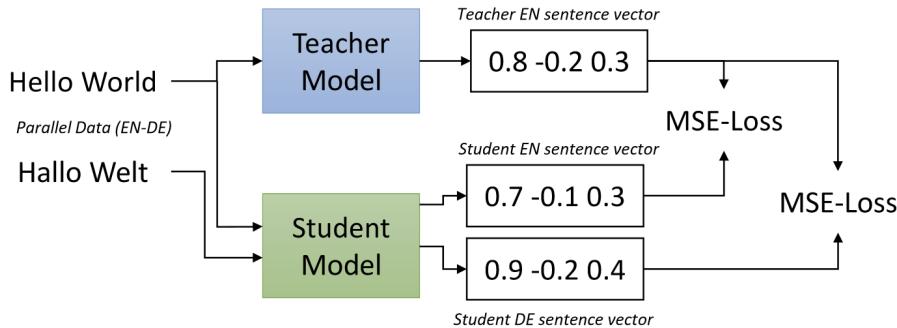
Rozwiążanie tego problemu proponują autorzy Sentence-BERT[25]. Model SBERT złożony jest z dwóch modli BERT połączonych w syjamską sieć. Na wyjściu każdego modelu BERT dołożona jest warstwa pooling zwracająca wektor ustalonego rozmiaru dla zdań różnych długości. Najlepszą strategią okazała się metoda uśredniania wektorów wszystkich tokenów. Następnie wyjściowe dwa wektory wynikowe są łączone i obliczana jest funkcja straty klasyfikatorem softmax. Architektura ta przedstawiona została na rysunku 3.2. W celu uzyskania wektorów kodujących semantykę całych zdań, model uczony jest na korpusach zawierających pary zdań oznaczone pod kątem podobieństwa. Optymalizuje się odległość między podobnymi zdaniami, jednocześnie maksymalizując odległość między zdaniami różnymi.

Ze względu na specyfikę potrzebnego korpusu do trenowania modeli SBERT (oznaczone pary zdań) nie istnieją obecnie modele wytrenowane w języku polskim. Jednak w roku 2020 ci sami autorzy opracowali metodę przenoszenia wiedzy (ang. *knowledge distillation*) z nauczzonego modelu angielskiego na modele wielojęzykowe[26]. Opiera się na koncepcji, według której te same zdania w różnych językach powinny być reprezentowane przez podobne wektory w tej samej przestrzeni. Przekazanie wiedzy polega na minimalizacji różnicy wyników między modelem nauczającym, a modelem uczącym się (ang. *teacher-student*) — Rys. 3.3. W tym przykładzie modelem-nauczycielem jest SBERT wytrenowany na angielskim korpusie, natomiast uczniem jest model XLM-R (XLM-RoBERTa). Jest to wielojęzykowy model bazujący na



Rys. 3.2: Architektura modelu Sentence-BERT[25]

architekturze RoBERTa (wariacja BERT stworzona przez Facebook), wytrenowany na 2.5TB danych z CommonCrawl w 100 językach, w tym polskim[9]. Model ten zajmuje obecnie ósme miejsce w rankingu KLEJ¹ oraz drugie miejsce po dostrojeniu (ang. *fine-tuning*) na dodatkowych polskich korpusach.



Rys. 3.3: Układ modeli nauczyciel-uczeń w procesie uczenia wielojęzykowego SBERT[26]

Trenowanie modelu ucznia wymaga par zdań w języku angielskim i języku docelowym. Jest to dużo mniejsze ograniczenie, niż w przypadku bezpośredniego uczenia SBERT w docelowym języku. Dostępne są wytrenowane modele², które obejmują również język polski. Zostały one uwzględnione w rankingu modeli generujących reprezentacje zdań w języku polskim[10]. W pracy tej autorzy przetłumaczyli popularny angielski korpus SICK[18] (ang. *Sentences Involving Compositional Knowledge*) zawierający pary zdań oznaczone pod kątem implikacji (ang. *entailment*). Każda para może być albo powiązana (prawdziwość pierwszego zdania oznacza prawdziwość drugiego), neutralna (pierwsze zdanie nie mówi nic o prawdziwości drugiego), albo sprzeczna. Na podstawie tego korpusu stworzono dwa zadania odpowiadające angielskim — SICK-E (zadanie klasyfikacji) oraz SICK-R (zadanie przewidywania dystrybucji podobieństwa, mierzone miarą korelacji Pearsona).

Na potrzeby tej pracy za najbardziej istotne zadanie uznano SICK-R, ponieważ sprawdza skuteczność oceniania podobieństwa semantycznego dwóch tekstów. W tym zadaniu najlepszy wynik uzyskał wielojęzykowy model SBERT xlm-r-distilroberta-base-paraphrase-v1 (aktualne wyniki znajdują się na stronie z kodem źródłowym³).

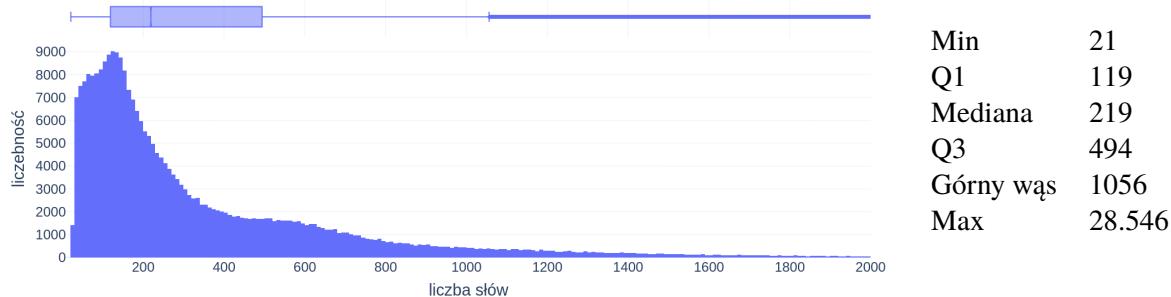
¹<https://klejbenchmark.com/leaderboard> (dostęp dnia 20 maja 2021)

²https://www.sbert.net/docs/pretrained_models (dostęp dnia 20 maja 2021)

³<https://github.com/sdadas/polish-sentence-evaluation> (dostęp dnia 20 maja 2021)

3.2. Wektory wypowiedzi

Modele bazujące na architekturze BERT mają górne ograniczenie na długość zdania wejściowego. Wynosi ono 512 tokenów, co odpowiada około 300 słowom. Dodatkowo, zbiór danych uczących wykorzystywanych przez modele SBERT zawiera zwykle krótsze zdania, przez co skuteczność tych modeli dla pełnego zakresu 512 tokenów może być gorsza niż oczekiwana. Jak pokazano na rysunku 3.4, wypowiedzi sejmowe są często znacznie dłuższe niż ten limit. Mediana liczby słów wynosząca 219 mieści się w limicie, jednak wypowiedzi złożone z więcej niż 300 słów stanowią prawie 39% zbioru.



Rys. 3.4: Dystrybucja długości wypowiedzi (zakres do 2000 słów)

Z tego powodu postanowiono dzielić wypowiedzi na zdania, generować wektory dla każdego zdania, a następnie połączyć je w jeden wektor wynikowy dla całej wypowiedzi. Rozważono następujące strategie:

- średnia,
- średnia ważona,
- wektor pierwszy w rankingu,
- średnia pierwszych pięciu wektorów w rankingu

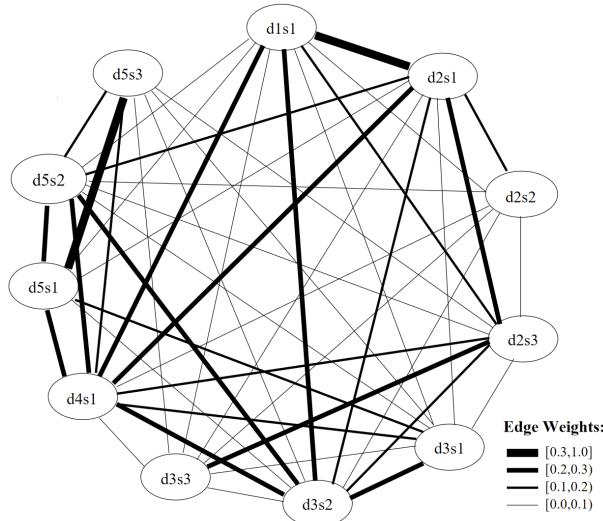
Do wygenerowania wag oraz rankingu potrzebna jest metoda oceniająca, na ile istotne jest każde zdanie w kontekście całej wypowiedzi. Stworzono w tym celu dwie metody: jedna wykorzystująca algorytm LexRank oraz druga wykorzystująca TF-IDF.

3.2.1. Ważenie LexRank

LexRank[12] to stworzony w 2004r. stochastyczny algorytm bazujący na teorii grafów, służący do generowania podsumowań długich tekstów. Jako podsumowanie dokumentu traktowany jest zbiór najistotniejszych zdań z tekstu — jest to metoda ekstrakcyjna, która nie zmienia struktury zdań. Istnieją nowe metody bazujące na uczeniu maszynowym, które jako podsumowanie generują nowy tekst zawierający sens dokumentu[17], jednak na potrzeby tej pracy wymagany jest algorytm przypisujący wagę oryginalnym zdaniom.

Algorytm konstruuje graf, gdzie wierzchołki odpowiadają zdaniom, a ich wartość obliczana jest algorymem TF-IDF. Krawędzie grafu odpowiadają wartości podobieństwa między dokumentami i mierzone są na miarę kosinusową. Wizualizacja takiego grafu przedstawiona została na rysunku 3.5. Graf przedstawiony w postaci macierzy, po znormalizowaniu wierszy, jest macierzą stochastyczną (macierz kwadratowa, w której każdy wiersz sumuje się do wartości 1), którą można potraktować jako łańcuch Markova. Udowodnione jest, że łańcuch Markova jest zbieżny do rozkładu stacjonarnego, jeśli spełniony jest następujący warunek:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} X^n = 1^T r$$



Rys. 3.5: Graf ważony miarą podobieństwa między zdaniami (wierzchołkami)[12]

gdzie X to macierz stochastyczna, a r to rozkład stacjonarny łańcucha Markova. Rozkład stacjonarny można interpretować jako prawdopodobieństwo że skończymy na danym elemencie przechodząc przez łańcuch, niezależnie od stanu początkowego. Możemy go więc potraktować jako wektor centralny (ang. *centrality vector*), gdzie wartość każdego elementu informuje, jak bardzo centralne jest zdanie na danej pozycji.

W oryginalnej pracy autorzy mierzyli odległości pomiędzy wektorami TF-IDF. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, aby w ich miejsce wstawić wektory wygenerowane przez model BERT. Otrzymany w ten sposób wektor centralny posłuży jako wagi wektorów zdań oraz jako ranking.

3.2.2. Ważenie TF-IDF

Alternatywną metodę ważenia zdań oparto na metodzie TF-IDF. TF odnosi się do *term-frequency* i oznacza częstotliwość występowania danego słowa w dokumencie (oznaczone dalej jako $tf(t)$). IDF oznacza *inverse document-frequency*, zawiera wartości dla każdego słowa, informujące jak bardzo jest ono powszechnie. Im w większej liczbie dokumentów występuje dane słowo, tym mniej informacji niesie o konkretnym dokumencie. Wartość IDF obliczana jest według następującego wzoru:

$$idf(t) = \log \left(\frac{1 + n}{1 + df(t)} \right) + 1$$

gdzie t oznacza słowo, n to liczba wszystkich dokumentów, a $df(t)$ to częstotliwość występowania słowa we wszystkich dokumentach. Wartość $tfidf(t)$ obliczana jest jako iloczyn $tf(t)$ i $idf(t)$ [29].

W pierwszym kroku wyuczono model na całym korpusie, aby skonstruować pełen słownik oraz wartości macierzy IDF. Następnie podczas generowania wektorów wypowiedzi, obliczana jest macierz tf-idf, gdzie wierszami są kolejne zdania. Dla każdego zdania kolumny są sumowane, dzięki czemu otrzymujemy wektor o długości równej liczbie zdań oznaczający, na ile znaczące są słowa w zdaniu w kontekście całego korpusu (macierz IDF zawiera wartości uwzględniające wszystkie dane). Sama ta wartość nie może posłużyć jednak do porównywania zdań, gdyż dłuższe zdania będą miały wyższy wynik, nawet jeśli będą złożone z samych nieznaczących słów. Podzielenie tych wartości przez liczbę wykrytych słów w danym zdaniu (liczbę niezerowych kolumn w danym wierszu macierzy tf-idf) będzie miało odwrotny efekt — preferowane będą krótkie zdania z małą liczbą słów o wysokim wyniku tf-idf. Dłuższe zdania, które

mogą zawierać istotne informacje, będą miały niski wynik, gdyż naturalnie składają się również z mniej znaczących słów. Postanowiono więc zbadać, jak zmienia się suma wartości tf-idf w zależności od liczby wykrytych słów. Zależność ta przedstawiona została na wykresie 3.6a. Poprzez aproksymację punktową do danych dopasowana została funkcja potęgowa narysowana na wykresie kolorem czerwonym. Aproksymacji poddane zostały trzy współczynniki według następującego wzoru funkcji:

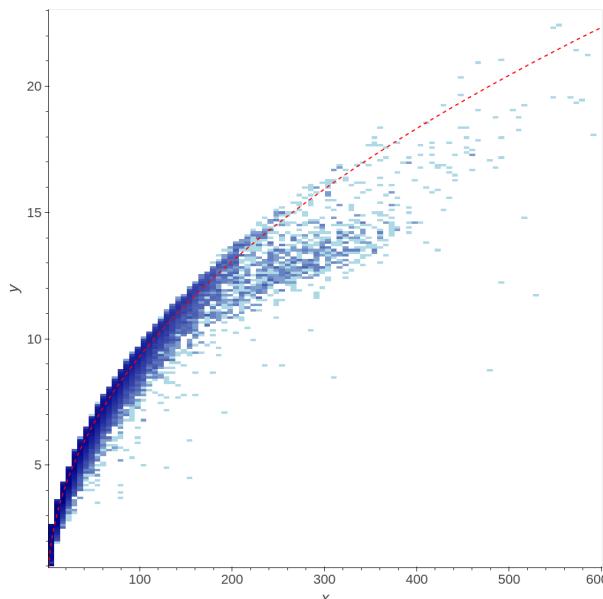
$$a \cdot x^b + c$$

dzięki czemu otrzymano następującą funkcję, której dobrym przybliżeniem jest pierwiastek kwadratowy:

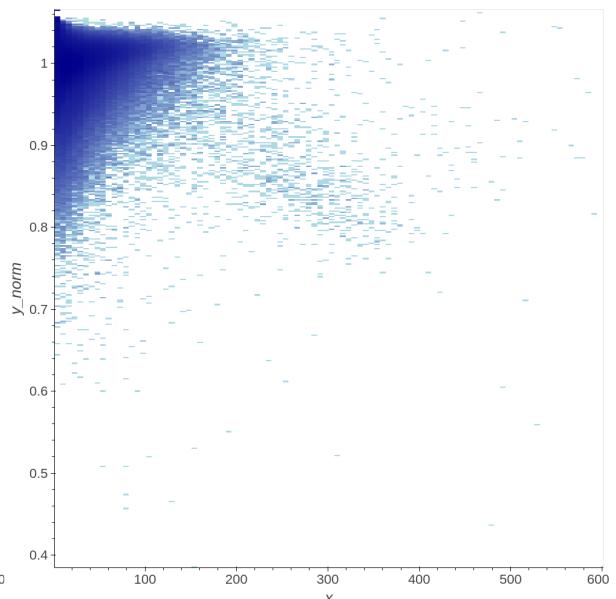
$$1.003 \cdot x^{0.486} - 0.065$$

Odwziewiedla ona średnią sumę wartości tf-idf dla danej długości zdania. Można więc przyjąć, że zdania poniżej tej krzywej są mniej istotne, niż zdania powyżej. Wartości wszystkich zdań normalizowane są wartością tej funkcji, dzięki czemu nie są promowane ani długie zdania, ani krótkie. Znormalizowane wartości zdań przedstawione zostały na wykresie 3.6b. Wartości te użyte zostały jako wagi wektorów BERT oraz jako ranking zdań.

a)



b)



Rys. 3.6: Suma wartości tf-idf w zależności od liczby wykrytych słów (zakres do 600 słów): a) dane nieznormalizowane z dopasowaną krzywą, b) dane znaleziono krzywą

3.3. Alternatywne rozwiązania

Modele oparte o transformery zajmują obecnie wysokie miejsca w rankingach[28, 10], jednak nie są to jedyne metody dające dobre wyniki. W celu porównania wyników wygenerowano wektory dwoma alternatywnymi metodami — siecią konwolucyjną oraz omawianym w poprzednim podrozdziale TF-IDF.

3.3.1. Sieć konwolucyjna

Sieci konwolucyjne wykorzystują warstwy połączone filtrami konwolucyjnymi nakładanymi na lokalne cechy. Początkowo wykorzystywane do zagadnień związanych z przetwarzaniem

obrazów, znalazły zastosowanie również w pozostałych dziedzinach uczenia maszynowego, w tym NLP[16]. W 2019r. Google udostępniło wielojęzykowy wariant modelu USE (ang. *Universal Sentence Encoder*)[34] wspierający 16 języków, w tym polski. W pracy tej opisano dwa warianty — jeden wykorzystujący CNN oraz drugi opierający się na transformerach. Model oparty na transformerach osiągnął drugi najlepszy wynik w zadaniu SICK-R w polskim rankingu Polish Sentence Evaluation[10]. Wersja CNN modelu jest szybsza kosztem mniejszej dokładności. Umożliwia ona jednak kodowanie znacznie dłuższych zdań (256 tokenów kontra 100). Oba modele wytrenowane zostały na danych zebranych z forów dyskusyjnych (w postaci pytania i odpowiedzi) oraz na zbiorze SNLI[4] (Stanford Natural Language Inference) przetłumaczonym na pozostałe 15 języków za pomocą Google Translate.

3.3.2. TF-IDF

W przeciwieństwie do omawianych wyżej modeli, w przypadku TF-IDF długość wypowiedzi działa na korzyść algorytmu. Im dłuższa wypowiedź, tym większa szansa na uzyskanie kombinacji słów dokładniej identyfikującej dokument. Algorytm ten nie posiada żadnego górnego ograniczenia na długość dokumentu. Algorytm podczas zliczania liczby wystąpień danego słowa nie bierze pod uwagę odmian słów, przez co słowa „budżet” i „budżetu” są traktowane jako osobne kategorie. Jest to szczególnie istotne w językach słowiańskich, ponieważ wykorzystywanych jest w nich mnóstwo odmian słów.

Aby zminimalizować wynikającą z tego działania utratę informacji, zdecydowano się wstępnie przetworzyć dokumenty przed zliczeniem słów. Wykorzystano w tym celu polski model do biblioteki spaCy — pl_spacy_model_morfeusz[30] udostępniony przez Instytut Podstaw Informatyki Polskiej Akademii Nauk⁴. Biblioteka umożliwia między innymi lematyzację (sprowadzenie słowa do formy podstawowej) każdego słowa w zdaniu. Wykorzystuje przy tym wyuczony model, który rozpoznaje strukturę zdania — przykładowo, czy dane słowo jest w danym kontekście rzeczownikiem, czy czasownikiem. Następnie na podstawie tej wiedzy może określić formę podstawową słowa. Polski model na tym etapie wykorzystuje słownik morfologiczny Morfeusz2[33]. Zbudowany jest on na danych ze Słownika gramatycznego języka polskiego.

Podczas tokenizacji dokumentów generowane są również n-gramy z zakresu (1,3). Oznacza to, że zliczane będą również wystąpienia dwóch oraz trzech kolejnych słów (np. „Unia Europejska”, „Rzecznik praw obywatelskich”). Dodatkowo, przyjęto próg odrzucenia min_df równy 5 oznaczający, że dany token musi wystąpić w minimum pięciu dokumentach, aby był uwzględniony w wynikowej macierzy.

⁴<http://zil.ipipan.waw.pl/SpacyPL> (dostęp dnia 21 maja 2021)

Rozdział 4

Modelowanie tematyczne

Modele tematyczne (ang. *topic modeling*) służą do organizowania, wyjaśniania, analizy w czasie, przeszukiwania i streszczania dużych zbiorów danych. Odbywa się to poprzez wynajdywanie podobieństw między dokumentami w korpusie. Najpopularniejszą metodą modelowania tematów jest LDA (ang. *Latent Dirichlet Allocation*)[2]. Jest to generatywny model probabilistyczny. Dokonuje dyskretyzacji ciągłej przestrzeni tematów na z góry określona liczbę t tematów i modeluje dokumenty jako kombinację tematów, dla każdego określając prawdopodobieństwo, że dokument jest na dany temat. Równocześnie każdy temat jest rozkładem prawdopodobieństwa wystąpienia słów. Wiąże się to z pewnymi problemami, mianowicie często największe prawdopodobieństwo wystąpienia mają powszechnie słowa nie niosące istotnej informacji, np. zaimki czy łączniki. Problem ten jest częściowo rozwiązywany listą nieinformacyjnych słów (ang. *stop words*), które są odfiltrowywane z dokumentów. Często lista ta musi być dopasowana do danego zbioru tekstów. Dokumenty reprezentowane są jako zbiór słów, w którym zliczane jest wystąpienie każdego słowa — BOW (ang. *bag-of-words*). Wadą takiego formatu jest fakt, że nie zachowuje informacji o kolejności słów, ani ich semantycy.

Celem LDA jest znalezienie takich tematów, które mogą posłużyć do odtworzenia oryginalnych rozkładów słów z dokumentów z minimalnym błędem. Model nie rozróżnia pomiędzy słowami informatycznymi, a nieinformacyjnymi, ma za zadanie jedynie jak najlepiej odzwierciedlać oryginalne dokumenty. Z tego powodu najbardziej prawdopodobne słowa w temacie niekoniecznie odzwierciedlają faktyczne tematy dokumentów. Na podstawie analizy LDA otrzymujemy nie tylko klasyfikację dokumentu do tematu, lecz cały wektor prawdopodobieństw przynależności dokumentu do każdego z tematów. Wektor ten ma więc rozmiar równy liczbie wszystkich tematów. Jak pokazano w [32], nadzorowane metody klasyfikacji wykorzystujące te wektory dają podobne wyniki do metod opartych o *word-to-vec*.

Modele oparte o transformery osiągają najlepsze wyniki w wielu zagadnieniach z dziedziny NLP[28], więc powstały również bazujące na nich metody modelowania tematycznego. Jedną z nich jest BERTopic[13], algorytm generujący tematy na podstawie wektorów BERT. Wykorzystuje UMAP[19] w celu redukcji wymiarowości wektorów do 5 wymiarów. Następnie za pomocą algorytmu HDBSCAN[5] wektory grupowane są w klastry. Każda grupa reprezentuje pewien temat. Reprezentacje tematów generowane są za pomocą wariantu TF-IDF, gdzie wszystkie dokumenty w klastrze traktowane są jako jeden dokument i porównywane między sobą. Poszczególne etapy rozwinięte zostały w kolejnych podrozdziałach.

4.1. Redukcja wymiarów

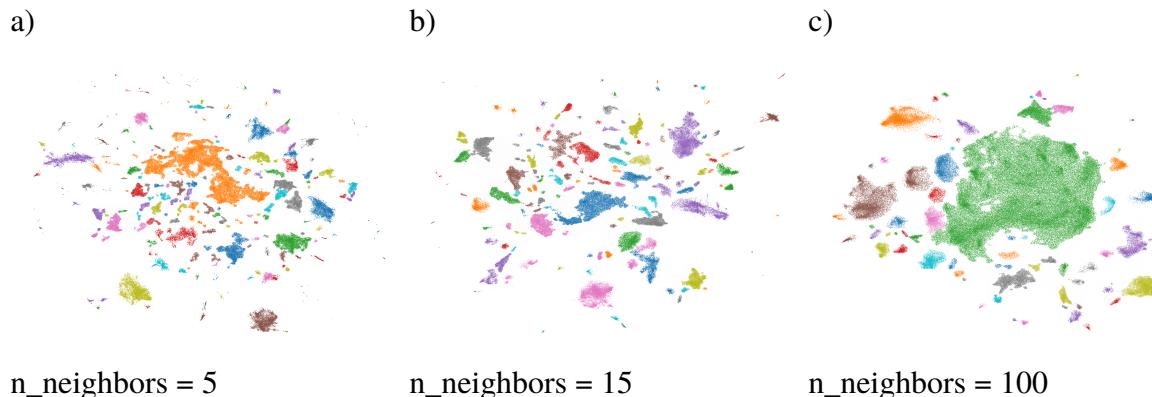
Wektory powstałe w wyniku analizy wypowiedzi za pomocą SBERT mają 768 wymiarów. W przypadku wykorzystania USE jest to 512 wymiarów, natomiast wektory TF-IDF mają tyle

wymiarów, ile jest wszystkich tokenów w korpusie (dla wykorzystywanego korpusu jest to ponad 2mln). Wykorzystywany algorytm grupowania HDBSCAN działa lepiej na danych w mniejszym wymiarze, autorzy testowali algorytm do 50 wymiarów[5]. Z tego powodu konieczna jest redukcja wymiaru danych.

Wykorzystano w tym celu algorytm UMAP (ang. *Uniform Manifold Approximation and Projection*)[19]. Oparty jest on o techniki topologicznej analizy danych bazując na geometrii riemannowskiej. Konstruuje rozmytą reprezentację topologiczną wysokowymiarowych danych, a następnie optymalizuje reprezentację tych danych w docelowym wymiarze tak, aby jej rozmyta reprezentacja topologiczna była jak najbardziej podobna mierząc entropią krzyżową. W ten sposób algorytm dąży do tego, aby dane w niskowymiarowej przestrzeni jak najlepiej odzwierciedlały topologiczną strukturę oryginalnych danych. Dzięki temu zachowane są zarówno lokalne, jak i globalne zależności między danymi.

Redukcja do zbyt niskiego wymiaru może skutkować zbyt wielkiej utracie informacji, podczas gdy redukcja do większego wymiaru może dawać gorsze rezultaty podczas grupowania. Postanowiono redukować dane do pięciu wymiarów, tak jak sugeruje autor BERTopic[13]. Podczas redukcji wymiarowości wektorów SBERT i USE korzystano z metryki kosinusowej. Dla wektorów TF-IDF zastosowano metrykę Hellingera, która mierzy podobieństwo rozkładów prawdopodobieństwa (wektory tf-idf można traktować jak prawdopodobieństwo znalezienia danego tokenu w dokumencie).

Istotnym parametrem algorytmu UMAP jest `n_neighbors`. Balansuje on między skupieniem się na lokalnej strukturze danych, a globalną strukturą. Ogranicza liczbę sąsiadujących wektorów, które są analizowane podczas nauki struktury rozmaitości topologicznej danych. Dla niskich wartości koncentruje się na lokalnej strukturze nie biorąc pod uwagę pełnego obrazu danych. Wysokie wartości skutkują utratą szczegółów, ukazując bardziej ogólne zależności. Wpływ tego parametru zobrazowany został na rysunku 4.1 dla wartości 5, 15 oraz 100. Dla niskiej wartości parametru `n_neighbors` powstało wiele lokalnych grup o niskiej liczbowości. Wraz ze wzrostem wartości parametru lokalne grupy łączą się w coraz większe klastry.



Rys. 4.1: Dwuwymiarowa reprezentacja danych przez UMAP w zależności od wartości parametru `n_neighbors`. Kolory odpowiadają klastrom wykrytym przez HDBSCAN (dla minimalnego rozmiaru klastra równego 100).

4.2. Grupowanie

HDBSCAN to algorytm klastrowania hierarchicznego bazujący na DBSCAN (ang. *Density-based spatial clustering of applications with noise*). W celu zobrazowania działania algorytmu, wybrano ograniczony podzióbór danych. Z klastrów wykrytych na wszystkich danych wylosowano pięć, a z każdego z nich wylosowano dziesięć wektorów. Dodatkowo, wybrano

dziesięć losowych wektorów bez przypisanego klastra. W ten sposób otrzymano 60 dokumentów, które poddano ponownej analizie HDBSCAN (wykorzystując wektory uzyskane z redukcji wymiarów wszystkich dokumentów do pięciu).

Algorytm określa klastry jako rejony o większej gęstości otoczone rzadziej rozmieszczonymi punktami. Aby określić gęstość używana jest metryka odległości do najbliższego k -tego sąsiada oznaczona dalej jako $\text{core}_k(x)$. Na jej podstawie stworzono metrykę określającą odległość wzajemnej osiągalności (ang. *mutual reachability distance*):

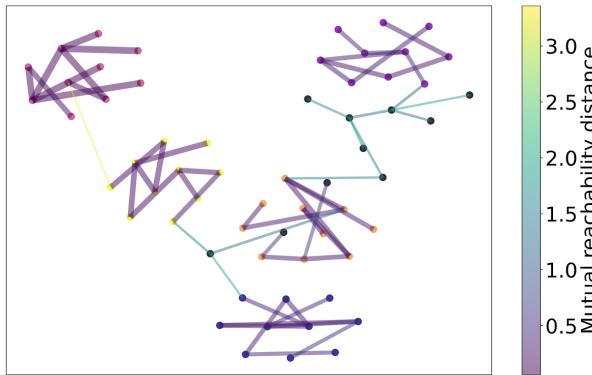
$$d_k(a, b) = \max \{ \text{core}_k(a), \text{core}_k(b), d(a, b) \}$$

gdzie:

- $\text{core}_k(x)$ odległość do najbliższego k -tego sąsiada,
- $d(a, b)$ pierwotna metryka odległości.

Dzięki takiej metryce punkty które są blisko siebie pozostają w pierwotnych odległościach, natomiast rzadsze punkty są od siebie odpychane.

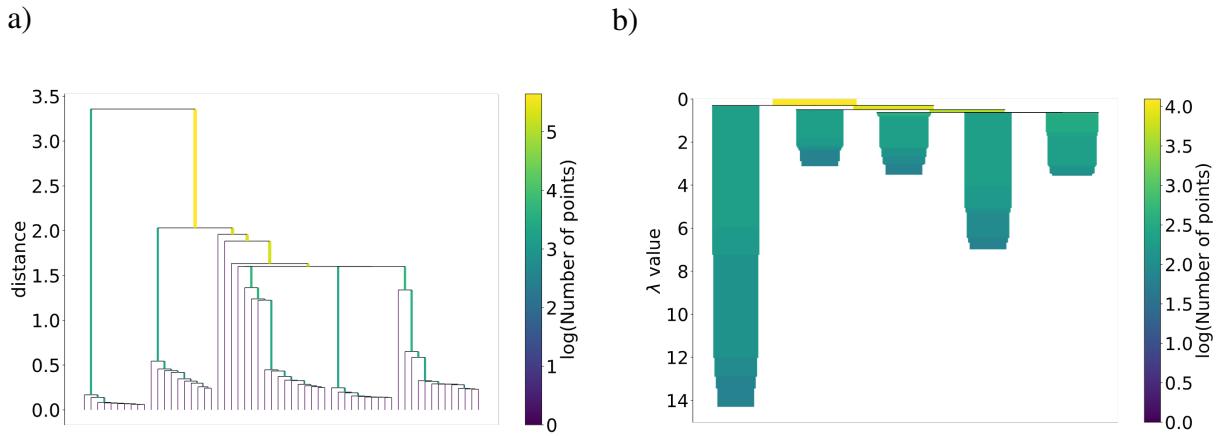
Na podstawie obliczonych odległości konstruowane jest minimalne drzewo rozpinające algorytmem Prima. Wierzchołkami grafu są punkty danych, a wagami krawędzi obliczone odległości. Na rys. 4.2 przedstawiono powstałe drzewo dla wyselekcjonowanych danych. Zgodnie z oczekiwaniami, punkty nieprzypisane pierwotnie do żadnego klastra mają znacznie większe odległości od punktów, które tworzą zbiorы. Widać też, że klastry nie nachodzą na siebie, a więc dane są dobrze odseparowane.



Rys. 4.2: Minimalne drzewo rozpinające. Grubość krawędzi i kolor zależy od wartości odległości, gdzie grubsze linie oznaczają mniejszą odległość. Punkty pokolorowane są zgodnie z pierwotnymi klastrami, a na czarno zaznaczone są punkty, które nie miały klastrów.

Następnie powstałe krawędzie łączone są w hierarchiczne grupy, poprzez scalanie kolejnych krawędzi o najmniejszej odległości. Powstałą w ten sposób hierarchię klastrów można zobrazować jako dendrogram (rys. 4.3a). Celem algorytmu jest jednak otrzymanie zbioru klastrów, nie hierarchii. W tym celu HDBSCAN kondensuje hierarchię do mniejszego drzewa. Algorytm analizuje hierarchię i podczas każdego podziału sprawdza powstałe dwie grupy. Jeśli obie grupy mają rozmiar większy niż minimalny (minimalny rozmiar klastra to parametr algorytmu `min_cluster_size`), to taki wynik takiego podziału jest traktowany jako dwie prawdziwe grupy. Jeśli jednak któraś z powstałych grup ma mniejszy rozmiar niż minimalny to uznaje się, że są to punkty wypadające z klastra niestanowiące osobnej grupy i pozostawiana jest jedynie większa grupa. W ten sposób otrzymuje się dużo mniej grup, które wraz ze wzrostem odległości między punktami zmniejszają swój rozmiar. Wynik takiego działania przedstawiony jest na rysunku 4.3b.

Na końcu z powstałego skondensowanego drzewa wybierane są najstabilniejsze klastry. Stabilność klastra określona na podstawie wartości $\lambda = \frac{1}{\text{distance}}$. Dla każdego klastra możemy



Rys. 4.3: Dendogramy hierarchii klastrów: a) na podstawie drzewa rozpinającego, b) skondensowane

oznaczyć λ_{birth} i λ_{death} jako wartości λ odpowiednio w momencie powstania klastra i rozbicia na mniejsze klastry. Dla każdego punktu p w klastrze, możemy zdefiniować λ_p jako wartość λ w momencie, w którym punkt odłączył się od klastra, gdzie $\lambda_{birth} < \lambda_p < \lambda_{death}$. Następnie dla klastra obliczamy jego stabilność jako:

$$\sum_{p \in cluster} (\lambda_p - \lambda_{birth})$$

Aby wybrać końcowe klastry najpierw zaznaczane są wszystkie liście drzewa. Jeśli suma stabilności dwóch łączących się klastrów jest większa niż stabilność powstałego klastra, to ustawiamy stabilność klastra na tą sumę. Natomiast jeśli stabilność złączonego klastra jest większa niż jego potomków, to wybieramy ten klaster i odznaczamy wszystkich potomków. W ten sposób zaznaczamy kolejne klastry aż dojdziemy do korzenia drzewa, a powstałe zaznaczenie to zbiór klastrów. Na rysunku 4.3b zaznaczonych zostało pięć klastrów w kolorze morskim. Pozostałe punkty nienależące do tych klastrów uznawane są za szum i nie mają przypisanych grup.

Parametr k w implementacji algorytmu HDBSCAN nazwany jest `min_samples` i domyślnie jego wartość jest równa wartości `min_cluster_size`. Na rysunku 4.1 wartość ta była równa 100. Zmniejszenie wartości `min_samples` do 1 skutkuje wykryciem większej ilości mniejszych grup. Rezultat redukcji z takim parametrem przedstawiony został na rys. 4.4a.

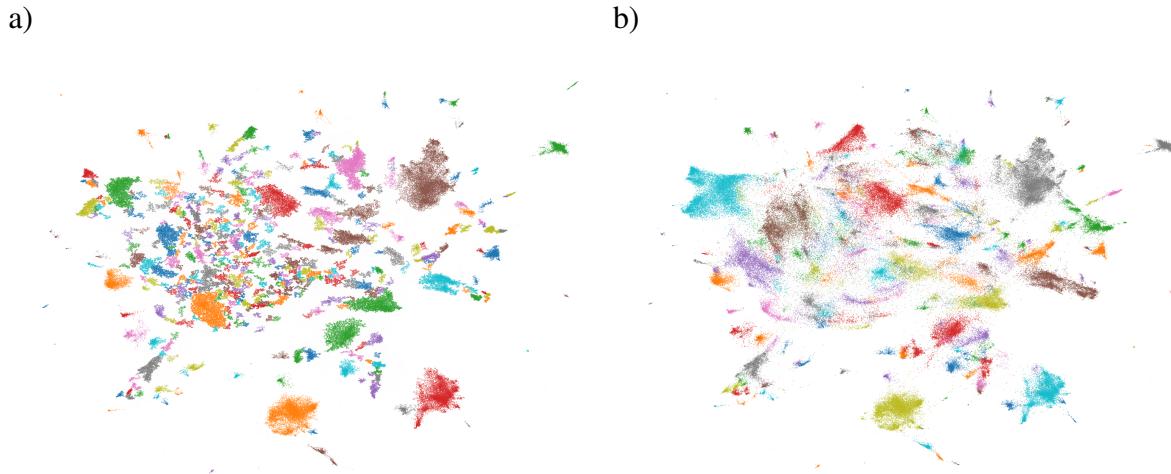
Rys. 4.4b przedstawia klastry wykryte na pięciowymiarowych wektorach, a następnie zwizualizowane na dwóch. Wykrywanie klastrów w przestrzeni pięciowymiarowej pozwala na dokładniejsze wykrycie zależności między punktami danych, które mogą zostać utracone przy redukcji do zbyt małej liczby wymiarów. W szczególności, punkty oznaczone jako szum w pięciu wymiarach, w dwóch wymiarach wykrywane są jako klastry.

4.3. Reprezentacja tematu

Każdy temat reprezentowany jest zbiorem słów najlepiej opisujących zawarte w nim dokumenty. Jednocześnie słowa te powinny być specyficzne dla danego zbioru tak, aby widoczne były różnice między tematami. Jest to problem podobny do wyszukiwania słów identyfikujących dokument algorymem TF-IDF. Tym razem jednak chcemy znaleźć słowa identyfikujące zbiór dokumentów na tle innych zbiorów. Autor BERTopic nazwał tą wariację algorytmu c-TF-IDF[13] (ang. *class-based TF-IDF*):

$$c - TF - IDF_i = \frac{t_i}{w_i} \cdot \log \frac{m}{\sum_j^n t_j}$$

gdzie:



Rys. 4.4: Klastry wykryte przez HDBSCAN dla min_samples równego 1 na wektorach: a) dwuwymiarowych, b) pięciowymiarowych

- t_i częstość występowania słowa t w klasie i ,
- w_i liczba słów w klasie i ,
- m liczba wszystkich pierwotnych dokumentów (niezgrupowanych),
- $\sum_j^n t_j$ suma częstości występowania słowa t we wszystkich klasach.

W ten sposób uzyskano ranking wszystkich słów w danej klasie. Na podstawie tego rankingu wybiera się od pięciu do dziesięciu słów z najwyższym wynikiem, które stanowią reprezentację tematu. Często zdarza się jednak, że otrzymane słowa będą bardzo podobne. Przykładowe reprezentacje powstałe tą metodą przedstawione zostały w tabeli 4.1a. Aby zminimalizować liczbę podobnych słów w reprezentacji tematu i jednocześnie zdywersyfikować jego opis, w BERTopic zastosowany jest algorytm MMR (ang. *Maximal Marginal Relevance*) [6]:

$$MMR = \arg \max_{D_i \in R \setminus S} \left[\lambda \left(Sim_1(D_1, Q) - (1 - \lambda) \max_{D_j \in S} Sim_2(D_i, D_j) \right) \right]$$

gdzie:

- D_i analizowany kandydat,
- $R \setminus S$ zbiór kandydatów, bez już wybranych,
- λ stała w zakresie $[0, 1]$, kontrolująca zróżnicowanie wyników (0 dla maksymalnie zdywersyfikowanych, 1 dla listy odpowiadającej wzięciu wprost najlepszych wyników),
- S zbiór już wybranych kandydatów,
- Q zapytanie,
- Sim_1 metryka podobieństwa kandydata do zapytania,
- Sim_2 metryka podobieństwa kandydatów między sobą.

W kontekście poszukiwania najlepszej reprezentacji tematu, kandydatami są słowa z najwyższymi wynikami *c-TF-IDF*, a zapytanie to wektor całego tematu. Wektor tematu obliczany jest wybranym modelem SBERT kodującym dokument powstaje z połączenia trzydziestu słów tematu o najwyższych wynikach *c-TF-IDF*. Natomiast jako obie metryki Sim_1 i Sim_2 wykorzystywane jest podobieństwo kosinusowe. Wartość parametru λ ustalono na 0 (maksymalna dywersyfikacja). W ten sposób otrzymuje się reprezentacje tematów dużo lepiej opisujące zbior, co jest szczególnie istotne w języku polskim zawierającym wiele odmian tych samych słów. Tabela 4.1b przedstawia reprezentacje tematów otrzymane po zastosowaniu MMR.

Tab. 4.1: Reprezentacje wybranych tematów: a) bez MMR, b) z MMR

	A	morskich statków morskiego statku morskiej
a)	B	lotnicze lotnictwa lotniczego lotnisk lotniczych
	C	celnego celnych towarów celne celny
	A	statków statkach marynarzy gospodarki morskiej administracji morskiej
b)	B	lotnicze lotnictwa lotnictwa cywilnego prawo lotnicze ruchu lotniczego
	C	celnego celnych prawo celne kodeks celny prawa celnego

Rozdział 5

Ocena skuteczności modeli

Analizowane algorytmy są nienadzorowane, co oznacza, że nie ma jednoznacznej metody oceny wyników. Jedyną metodą ewaluacji modeli tematycznych dającą pewność jest manualna weryfikacja poprzez np. ocenianie w trzystopniowej skali, które reprezentacje tematów są spójne, a które nie[21]. Jest to jednak kosztowna metoda, dlatego tworzy się algorytmy dające dobre przybliżenie ocen człowieka. Ocena spójności tematów według takich algorytmów porównywana jest z ocenami człowieka poprzez współczynnik korelacji Pearsona.

Alternatywną metodą zaproponowaną w [7] jest podmiana słowa w reprezentacji tematu (ang. *word intrusion task*). W wygenerowanych zestawach słów podmieniane jest jedno słowo na losowe. Następnie uczestnicy badania muszą zidentyfikować podmienione słowo. Jeśli tematy są spójne, to niepasujące słowo powinno być łatwe do zidentyfikowania, natomiast w mniejszych spójnych tematach słowa będą sprawiały wrażenie bardziej losowych, co utrudni poprawne rozwiązanie problemu.

5.1. Ewaluacja spójności reprezentacji tematów

Najpopularniejszą metodą ewaluacji wygenerowanych tematów jest analiza reprezentacji tematów (zbioru słów opisujących temat)[24]. Im lepiej słowa opisujące temat reprezentują wszystkie dokumenty w danym temacie, tym lepszy model. W pracy [21] autorzy proponują algorytm (zwany dalej C_{UMass}) analizujący pary słów z reprezentacji tematu pod kątem współwystępowania w dokumentach korpusu. Jeśli para słów często występuje razem w dokumentach, to są one powiązane. Można więc określić spójność całej reprezentacji tematu badając wszystkie w niej zawarte pary słów. Miara ta porównana została z wynikami zadania podmiany słowa i uzyskała ona lepszą korelację z ocenami ludzi. Liczona jest według następującego wzoru:

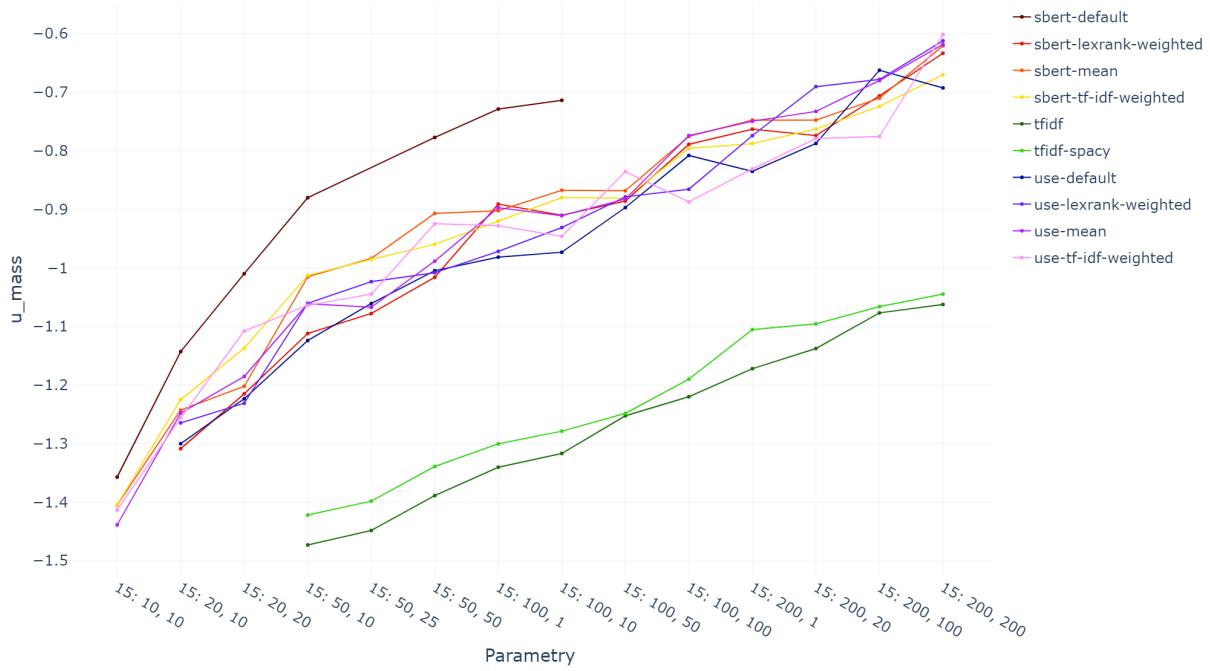
$$C_{UMass} = \frac{2}{N \cdot (N - 1)} \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^{i-1} \log \frac{D(w_i^{(t)}, w_j^{(t)}) + 1}{D(w_j^{(t)})}$$

gdzie:

- $W^{(t)} = (w_1^{(t)}, \dots, w_N^{(t)})$ lista N słów (tokenów) najlepiej opisujących temat t ,
- $D(w)$ częstość występowania tokenu w ,
- $D(w_i, w_j)$ częstość współwystępowania tokenów w_i i w_j (liczba dokumentów, w których pojawiły się oba tokeny)

Wykres dla $n_neighbors$ równego 15 przedstawiony został na rys. 5.1, natomiast wyniki zostały szerzej omówione w kolejnym rozdziale.

Autorzy [1] proponują rozwiązanie bazujące na wektorach kontekstowych słów tematu (zwane dalej C_{NPMI}). Wektory te są obliczane na podstawie współwystępujących słów w kon-



Rys. 5.1: Wyniki C_{UMass} dla parametru $n_neighbors$ równego 15
Format parametrów na osi x: $<n_neighbors>:<\min_cluster_size>, <\min_samples>$

tekście analizowanego słowa. Kontekst jest definiowany jako tzw. przesuwne okno (ang. *sliding window*) zwierające ± 5 otaczających słów. Następnie wektory są ważone algorytmem NPMI (ang. *Normalized Point Mutual Information*). Algorytm ten bazuje na PMI[8]:

$$PMI(w_i, w_j) = \log \frac{p(w_i, w_j)}{p(w_i)p(w_j)}$$

gdzie:

- $p(w_i, w_j)$ prawdopodobieństwo współwystąpienia słów w_i i w_j ,
- $p(w_i)$ prawdopodobieństwo wystąpienia słowa w_i ,
- $p(w_j)$ prawdopodobieństwo wystąpienia w_j .

Jeśli prawdopodobieństwo współwystąpienia dwóch słów jest takie samo, jak iloczyn prawdopodobieństw odleżenia każdego ze słów to znaczy że słowa nie są powiązane (ich współwystępowanie jest równe prawdopodobieństwu losowego odnalezienia tych dwóch słów). Wtedy wynik ułamka będzie równy 1, a $\log(1) = 0$, więc wartość PMI równa 0 oznacza, że słowa są niezależne. Wynik wyższy od 0 oznacza większe niż losowe prawdopodobieństwo odnalezienia danych dwóch słów razem, podczas gdy wartość poniżej zera oznacza prawdopodobieństwo niższe niż losowe (czyli częściej spotkamy tylko jedno ze słów, niż oba).

Wariant NPMI[3] normalizuje wynik PMI tak, aby mieścił się w zakresie $[-1, 1]$ i ta wartość wykorzystywana jest jako j -ty element wektora kontekstowego v :

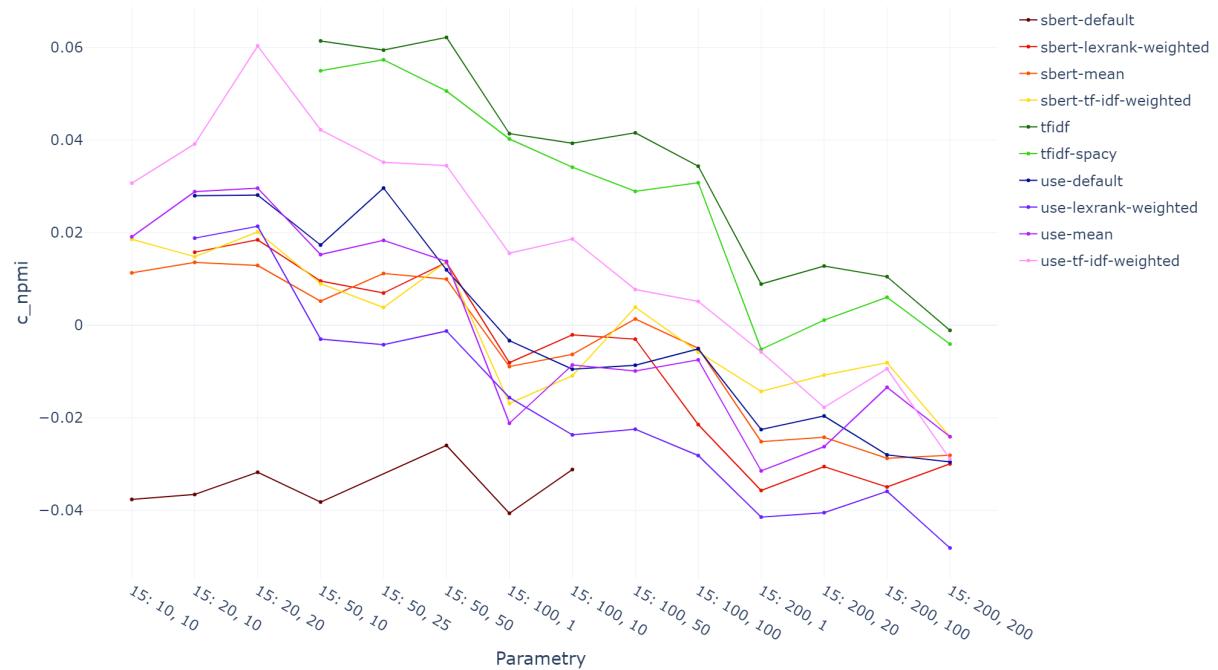
$$v_{ij} = NPMI(w_i, w_j) = \frac{PMI(w_i, w_j)}{-\log(p(w_i, w_j))}$$

gdzie wartość 1 oznacza pełne współwystępowanie ($p(w_i, w_j) = p(w_i) = p(w_j)$), czyli słowa nigdy nie występują osobno. Wartość -1 oznacza brak współwystępowania (słowa nigdy nie występują razem), a wartość 0 oznacza, że współwystępowanie słów jest losowe.

Końcowa wartość obliczana jest jako średnia odległość kosinusowa między wszystkimi parami ważonych wektorów kontekstowych słów tematu:

$$C_{NPMI} = \frac{2}{N \cdot (N - 1)} \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^{i-1} Sim(v_i, v_j)$$

gdzie $Sim(v_i, v_j)$ metryka podobieństwa między wektorami kontekstowymi v_i i v_j słów w_i i w_j (podobieństwo kosinusowe). Wykres dla $n_neighbors$ równego 15 przedstawiony został na rys. 5.2.



Rys. 5.2: Wyniki C_{NPMI} dla parametru $n_neighbors$ równego 15

Format parametrów na osi x: $<n_neighbors>:<\min_cluster_size>, <\min_samples>$

W pracy [27] autorzy stworzyli bazową strukturę pozwalającą na zdefiniowanie metryk C_{UMass} , C_{NPMI} oraz innych miar spójności w jednej przestrzeni. W projekcie skorzystano z biblioteki Gensim¹, która implementuje miary spójności na podstawie tych definicji.

5.2. Ewaluacja spójności rozkładu tematów

Ze względu na specyfikę korpusu możliwe jest również sformułowanie metryki wykorzystującej porządek obrad sejmu. Każde posiedzenie przebiega zgodnie z ustaloną strukturą, gdzie marszałek zarządza obrady na temat danej ustawy, poprawki czy interpelacji, a następnie kolejni posłowie wyrażają swoją opinię na ten temat. Można więc założyć, że w obrębie debaty nad jednym punktem obrad, wypowiedzi powinny zostać zakwalifikowane do tego samego zbioru tematycznego. Założono, że w zdecydowanej większości przypadków, kolejne dwie wypowiedzi powinny mieć przypisany ten sam temat. Stworzono algorytm wykorzystujący tę zależność, przedstawiony na listingu 5.1. Implementacja algorytmu w języku Python pokazana jest na listingu 5.2.

¹<https://radimrehurek.com/gensim/models/coherencemodel.html> (dostęp dnia 29 maja 2021)

Algorytm analizuje osobno każdy dzień posiedzeń. Wypowiedzi sortowane są zgodnie z kolejnością wynikającą z transkrypcji przemówień. Jeśli w ciągu dnia jest mniej niż dwie wypowiedzi, to dzień jest pomijany. W zbiorze danych występuje jeden taki przypadek, natomiast mediana wynosi 138. Wśród wypowiedzi danego dnia porównywane są tematy par sąsiadujących wypowiedzi. Zliczane są zarówno znalezione pasujące pary, jak i różniące się. Jeśli temat analizowanej wypowiedzi jest nieznany (algorytm HDBSCAN nie przypisał dokumentu do żadnej grupy), to jest ona pomijana. Mechanizm ten zapobiega sytuacji, w której duża liczba nieprzypisanych dokumentów zawyżałaby wynik. Dzieje się tak ze względu na to, że nieprzypisane dokumenty często stanowią znaczną część zbioru (30–50%), przez co istnieje duże prawdopodobieństwo znalezienia par takich dokumentów występujących po sobie. Dodatkowo, od sumy różniczących się par odejmowana jest liczba o 1 mniejsza od liczby tematów danego dnia. Działanie to rekompensuje przejścia między tematami, które muszą wystąpić i nie są błędem. Takich przejść w ciągu dnia wystąpi co najmniej tyle, ile jest tematów minus jeden. Końcowy wynik obliczany jest jako stosunek zgadzających się par do wszystkich zliczonych par.

Wykres dla parametru *min_cluter_size* równego 100 przedstawiony został na wykresie 5.3.

Listing 5.1: Algorytm obliczania spójności tematów

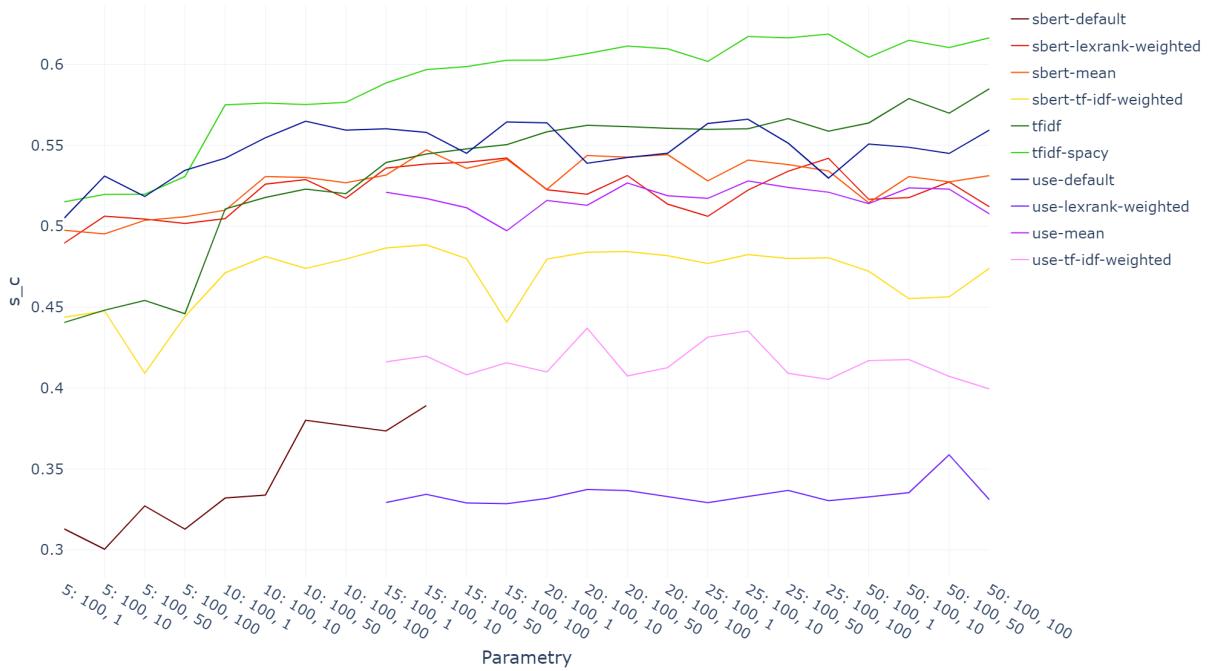
```

1 input: speeches sorted by original order of speaking , with date and assigned
      topic identifier
2 output: consistency score between 0 and 1 with higher score indicating more
      consistent topics
3
4 same_per_day := []
5 different_per_day := []
6
7 for each speeches in data grouped by date do
8   if len(speeches) < 2
9     continue
10
11  same := 0
12  different := 0
13  for i in range(len(speeches) - 1) do
14    if speeches[i].topic is unknown
15      continue
16
17    if speeches[i].topic = speeches[i + 1].topic
18      same := same + 1
19    else
20      different := different + 1
21
22  topic_count := len(speeches.topic.unique())
23  different := different - (topic_count - 1)
24
25  same_per_day.append(same)
26  different_per_day.append(different)
27
28 score = sum(same_per_day) / sum(same_per_day , different_per_day )
29 return score

```

5.3. Końcowa ocena

Powysze metody nie poddają ocenie samej liczby tematów i liczby nieprzyporządkowanych dokumentów. Z tego powodu, wysoki wynik mógłby osiągnąć model, który znalazłby zaledwie 5 tematów. Takie przypadki można znaleźć w tabeli z wynikami (dodatek A) dla modeli *sbert-default*. Taki model przyporządkuje wszystkie dokumenty generując bardzo ogólne tematy. Podobnie wysoki wynik osiągnie model, który wygeneruje tysiące bardzo szczegółowych tematów. Takie modele można odfiltrować definiując odpowiednie progi, jednak taka metoda wymusza ustanowienie założeń, które niekoniecznie będą optymalne. Zamiast tego, stworzone zostały dwie dodatkowe miary: jedna ocenia liczbę przyporządkowanych dokumentów s_f , druga

Rys. 5.3: Wyniki s_c dla parametru min_cluster_size równego 100Format parametrów na osi x: $<\text{n_neighbors}>:<\text{min_cluster_size}>$, $<\text{min_samples}>$

ocenia liczbę tematów s_T . Końcowa ocena modelu jest średnią ocen C_{UMass} , C_{NPMI} , s_c , s_f oraz s_T przeskalowanych do pełnego zakresu (0, 1). Skalowanie odbywa się przy pomocy klasy MinMaxScaler z biblioteki scikit-learn, jak przedstawiono w linijce 19 listingu 5.3. Wykres końcowej, uśrednionej oceny dla każdego parametru przedstawiony jest na rysunku 5.4.

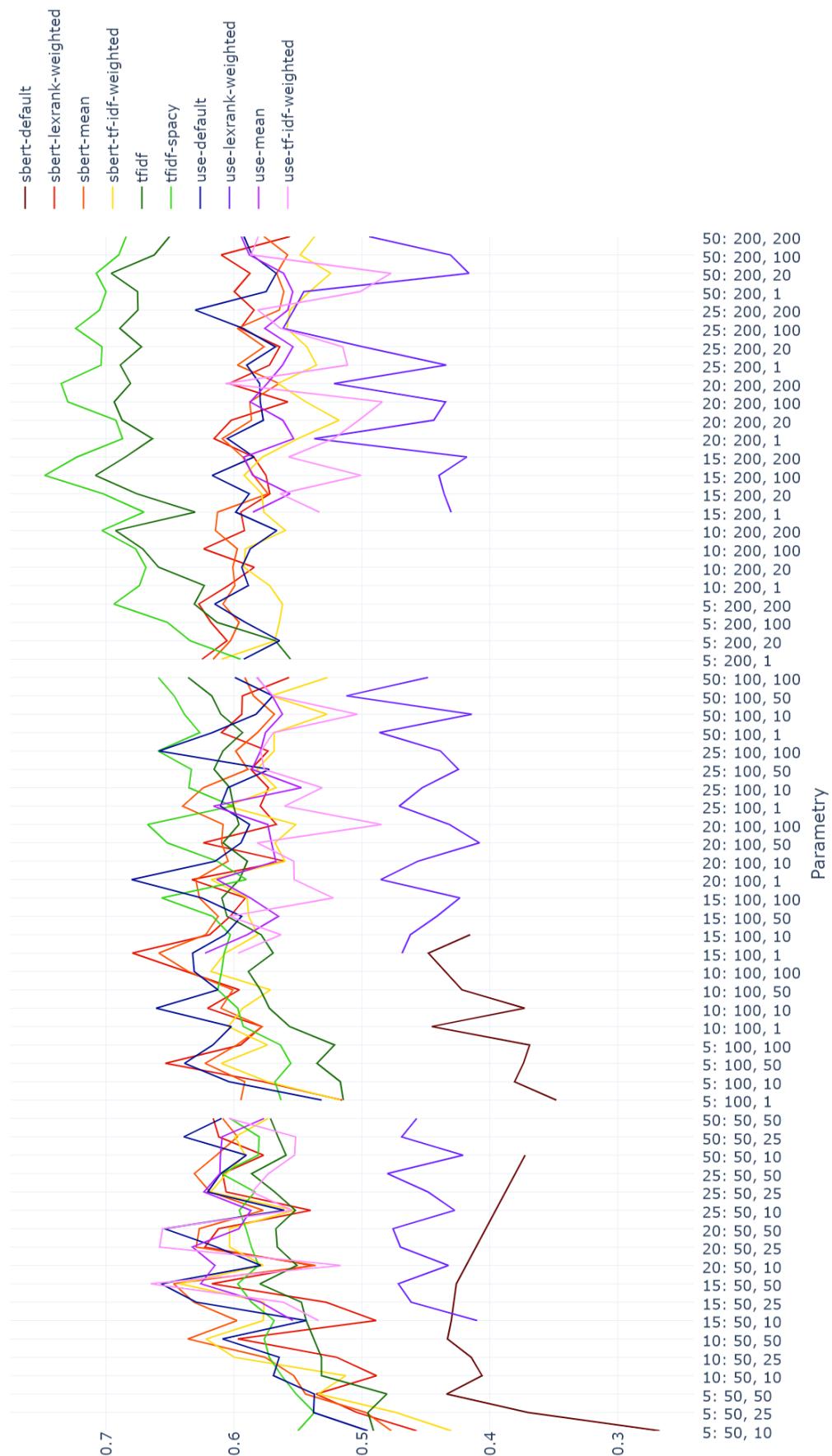
5.3.1. Ocena liczby przyporządkowanych dokumentów

Miara oceniająca liczbę przyporządkowanych dokumentów korzysta bezpośrednio z wyniku grupowania. Grupa oznaczona jako '-1' oznacza dokumenty, które nie zostały zgrupowane, a więc nie mają przypisanego tematu. Rozmiar tej grupy odejmowany jest od rozmiaru korpusu uzyskując liczbę dokumentów z rozpoznanymi tematami. Liczba ta dzielona jest przez rozmiar korpusu, co daje miarę w przedziale (0, 1). Działanie to przedstawione jest w linijce 16 listingu 5.3, gdzie `scores['not_found']` to kolumna tabeli zawierająca rozmiar grupy nieprzyporządkowanych dokumentów dla każdego modelu.

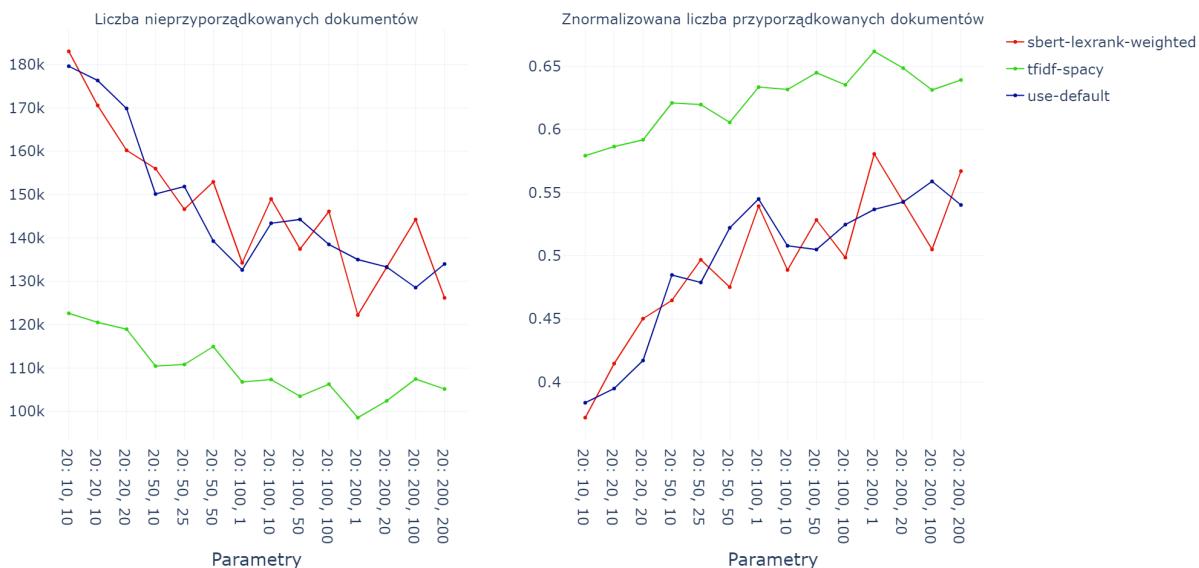
Przykładowy wynik działania tej metody przedstawiony został na rysunku 5.5.

5.3.2. Ocena liczby tematów

Dużo trudniej jest ocenić liczbę tematów, gdyż zarówno osiemdziesiąt ogólnych tematów, jak i tysiąc szczegółowych mogą zostać uznane za odpowiednie. Zważając jednak na specyfikę korpusu, przyjęto że różnorodność poruszanych kwestii powinna skutkować relatywnie dużą liczbą tematów. Z tego powodu uznano, że zbyt ogólne tematy nie są odpowiednie w tym kontekście. Nadmiernie szczegółowe, a więc o małej liczebności tematy również tracą informacje o zależnościach między dokumentami, więc także uznane zostały za niepożądane. W takim wypadku za odpowiednią liczbę tematów przyjęto medianę liczby tematów dla wszystkich testowanych modeli, która wyniosła 219.



Rys. 5.4: Uśrednione wyniki dla parametrów $\text{min_cluster_size} \in [50, 100, 200]$
Format parametrów na osi x: $<\text{n_neighbors}>:<\text{min_cluster_size}>, <\text{min_samples}>$



Rys. 5.5: Liczba rozpoznanych dokumentów przed i po znormalizowaniu dla wybranych parametrów
Format parametrów na osi x: $<n_neighbors>:<\min_cluster_size>$, $<\min_samples>$

W celu określenia wyniku każdego modelu wykorzystano zmodyfikowaną standaryzację Z. Standaryzacja Z obliczana jest zgodnie z następującym wzorem:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

gdzie:

- x wartość zmiennej,
- μ średnia z populacji,
- σ odchylenie standardowe populacji.

Średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe są jednak podatne na wpływ wartości leżących daleko od średniej. Z tego powodu często wykorzystywana jest zmodyfikowana standaryzacja Z, która mierzy odległości od mediany:

$$\tilde{z} = \frac{x - \tilde{x}}{k \cdot MAD}$$

gdzie:

- x wartość zmiennej,
- \tilde{x} mediana z populacji,
- $k = 1.486$ wartość korekcyjna stanowiąca przybliżenie odchylenia standardowego,
- MAD średnie odchylenie bezwzględne — $\text{median}(|x_i - \tilde{x}|)$.

Tak ustandaryzowane dane rozłożone są wokół zera, gdzie liczby tematów mniejsze od mediany mają ujemny wynik, a większe dodatni. Takie odległości interpretowane są jako odległości od najlepszej liczby tematów, im większa odległość tym gorszy powinien być wynik takiego modelu. W celu dodatkowego ograniczenia wpływu pomiarów zwracających błędnią liczbę tematów, medianę obliczono dla ograniczonego zakresu (50, 1000). Aby wyrazić te odległości w skali (0, 1), gdzie 1 to najlepszy wynik, znormalizowano dane poprzez odwrócenie wartości bezwzględnej standaryzacji Z powiększonej o 1 (aby minimalna wartość była równa 1):

$$s_T = \frac{1}{|\tilde{z}| + 1}$$

Implementacja tej miary przedstawiona została na listingu 5.3 jako funkcja modified_zscore. Wykres liczby tematów dla wybranego fragmentu parametrów przed i po znormalizowaniu przedstawiony został na rysunku 5.6.



Rys. 5.6: Liczba tematów przed i po znormalizowaniu dla wybranych parametrów
Format parametrów na osi x: <n_neighbors>:<min_cluster_size>, <min_samples>

5.3.3. Implementacja

Algorytmy zaimplementowane zostały w języku Python. Wykorzystane zostały biblioteki numpy, pandas, scikit-learn oraz scipy.

Listing 5.2: Funkcja obliczająca spójność s_c

```

1 def score_consistency(df: pd.DataFrame) -> float:
2     same_per_day = []
3     different_per_day = []
4
5     for _, day in df.sort_values('speech_order').groupby(by='date'):
6         if len(day) < 2:
7             continue
8
9         same = 0
10        different = 0
11        for i in range(len(day) - 1):
12            if day.iloc[i].topic == -1:
13                continue
14
15            if day.iloc[i].topic == day.iloc[i + 1].topic:
16                same += 1
17            else:
18                different += 1
19
20        topics = len(day.topic.unique())
21        different -= (topics - 1)
22
23        same_per_day.append(same)
24        different_per_day.append(different)

```

```

25 s_c = np.sum(same_per_day) / np.sum([*same_per_day, *different_per_day])
26
27
28 return s_c

```

Listing 5.3: Obliczanie finalnej oceny spójności tematów dla listy modeli

```

1 from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
2 from scipy import stats
3 import numpy as np
4
5 def modified_zscore(x: List[float]) -> List[float]:
6     valid_x = [count for count in x if count > 50 and count < 1000]
7     median = np.median(valid_x)
8     deviation_from_med = x - median
9
10    mad = np.median(np.abs(deviation_from_med))
11
12    consistency_correction = 1.4826
13    mod_zscore = deviation_from_med / (consistency_correction * mad)
14
15    return mod_zscore
16
17 scores['s_f'] = [(total - x) / total for x in scores['not_found']]
18
19 scores['s_T'] = 1 / (np.abs(modified_zscore(scores['topic_count'])) + 1)
20
21 scaler = MinMaxScaler()
22 s = scaler.fit_transform(scores[['u_mass', 'c_npmi', 's_c', 's_f', 's_T']])
23
24 scores['avg'] = np.nanmean(s, axis=1)

```

5.4. Przeprowadzenie pomiarów

Pomiary metodami opisanymi w poprzednim rozdziale zaplanowano tak, by wyniki umożliwiły jak najszerzą analizę porównawczą. Wektory zdań generowano następującymi metodami opisanymi w rozdziale 3:

- Sentence-Transformers,
- Universal Sentence Encoder,
- TF-IDF.

Dodatkowo, dla pierwszych dwóch metod wykonano pomiary dla następujących sposobów łączenia wektorów zdań w wektory wypowiedzi (rozdział 3.2):

- LexRank (top1, top5, średnia ważona),
- TF-IDF (top1, top5, średnia ważona),
- średnia arytmetyczna,

oraz bez podziału na zdania (generowanie wektora bezpośrednio dla całej wypowiedzi). Dla wektorów tf-idf przygotowano dwa warianty: jeden analizujący nieprzetworzone dokumenty oraz drugi wykorzystujący dane przetworzone w sposób opisany w rozdziale 3.3.2.

Redukcję wektorów wykonywano do pięciu wymiarów metryką kosinusową dla wektorów *SBERT* i *USE* oraz metryką Hellingera dla wektorów *TF-IDF*. Zmieniano jedynie parametr *n_neighbors* testując następujące wartości: 5, 10, 15, 20, 25 oraz 50, gdzie najmniejsze wartości skupiają się na lokalnych zależnościach, a większe wykrywają globalne struktury. Podczas klastrowania algorytmem HDBSCAN testowane były parametry *min_cluster_size* oraz *min_samples* w kombinacjach przedstawionych w tabeli 5.1.

Tab. 5.1: Testowane parametry algorytmu HDBSCAN

min_cluster_size	10	20	50	100	200
min_samples	10	10	20	10	25

Ze względu na złożoność obliczeniową pomiarów, w pierwszej kolejności przeprowadzono pomiary na ograniczonym zakresie:

- n_neighbors: 5, 10, 15, 20
- min_cluster_size: 10, 20, 50, 100

oraz pominięto liczenie wyniku C_{NPMI} . W tabeli 5.2a przedstawiono posortowane, uśrednione wyniki C_{UMass} , s_c , s_f oraz s_T . Na podstawie tych wyników zdecydowano się odrzucić metody bazujące na najlepszych wektorach wg. rankingu (top1 i top5), ponieważ zarówno dla algorytmu LexRank, jak i TF-IDF dawały one zauważalnie gorsze wyniki od pozostałych metod. Z tego powodu nie zostały one uwzględnione podczas obliczania wyników dla pełnego zakresu parametrów. Uśrednione wyniki na pełnym zakresie, uwzględniające również metodę C_{NPMI} , przedstawione zostały w tabeli 5.2b. Dalsze omówienie tych wyników zawarte jest w kolejnym rozdziale.

Tab. 5.2: Średnie wyniki dla zakresu parametrów: a) ograniczonego, b) pełnego

a)		b)	
metoda	średni wynik	metoda	średni wynik
sbert-default	0.412	sbert-default	0.331
sbert-tf-idf-top1	0.416	use-lexrank-weighted	0.426
use-lexrank-top5	0.459	use-tf-idf-weighted	0.525
sbert-lexrank-top1	0.463	sbert-tf-idf-weighted	0.531
use-lexrank-weighted	0.465	sbert-lexrank-weighted	0.545
use-lexrank-top1	0.489	use-mean	0.551
use-tf-idf-top5	0.501	sbert-mean	0.557
sbert-tf-idf-top5	0.505	use-default	0.558
tfidf	0.516	tfidf	0.580
use-tf-idf-weighted	0.522	tfidf-spacy	0.617
sbert-lexrank-top5	0.523		
tfidf-spacy	0.558		
use-mean	0.559		
sbert-tf-idf-weighted	0.565		
sbert-lexrank-weighted	0.572		
sbert-mean	0.587		
use-default	0.593		

5.4.1. Optymalizacje

Ze względu na złożoność pamięciową algorytmów badających spójność reprezentacji tematów (rozdział 5.1), algorytmy te badały ograniczony zbiór dokumentów. Aby jednak zachować zależności między dokumentami na pełnym zbiorze, w pierwszym kroku algorytm HDBSCAN grupuje wszystkie dokumenty. Dopiero z pogrupowanych dokumentów losowane są próbki według zdefiniowanych *test_sample* oraz *test_sample_frac*, które odpowiednio oznaczają

minimalną liczbę próbek z każdej grupy, oraz część grupy. Próbki losowane są w zależności od rozmiaru grupy N :

- jeśli N jest większe niż $\frac{test_sample}{test_sample_frac}$, to losujemy $test_sample_frac \cdot N$ próbek,
- jeśli N jest większe niż $test_sample$, to losujemy $test_sample$ próbek,
- jeśli N jest mniejsze niż $test_sample$, to bierzemy wszystkie N próbek.

Ustawiając $test_sample = 100$ oraz $test_sample_frac = 0.2$ sprawiono, że brane pod uwagę jest 20% dokumentów z każdej grupy, ale nie mniej niż 100 (lub całość grupy). Dolne ograniczenie $test_sample$ sprawia, że nie zawsze analizowane jest tyle samo dokumentów. W zależności od liczby wykrytych tematów, analizowanych jest średnio od 60 do 90 tysięcy próbek (tabela 5.3). Dodatkowo, jeśli liczba odnalezionych tematów była mniejsza niż 20 lub większa niż 1000, to testy C_{NPMI} oraz C_{UMass} były pomijane.

Przeprowadzenie klastrowania na pełnym zbiorze danych umożliwia również poprawne przeprowadzenie testów spójności rozkładów tematów (rozdział 5.2) na wszystkich dokumentach, co jest wymogiem algorytmu (ponieważ potrzebujemy wszystkie pary występujące zaraz po sobie). Oceny liczby przyporządkowanych dokumentów oraz liczby tematów opisane odpowiednio w rozdziałach 5.3.1, 5.3.2 również przeprowadzone zostały na pełnym korpusie.

Tab. 5.3: Liczba analizowanych próbek w zależności od liczby wykrytych tematów (medianą)

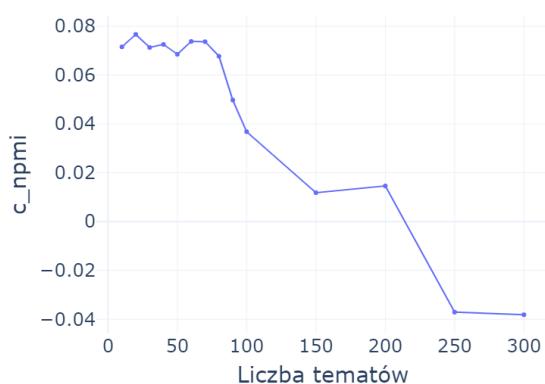
liczba tematów	liczba próbek	% korpusu
(4 74]	58652	20.1%
(74 107]	59586	20.4%
(107 136]	61376	21.1%
(136 175]	63410	21.8%
(175 216]	65728	22.6%
(216 260]	67814	23.3%
(260 363]	70716	24.3%
(363 502]	75451	25.9%
(502 791]	82544	28.3%
(791 3166]	92502	31.7%

5.5. Ewaluacja LDA

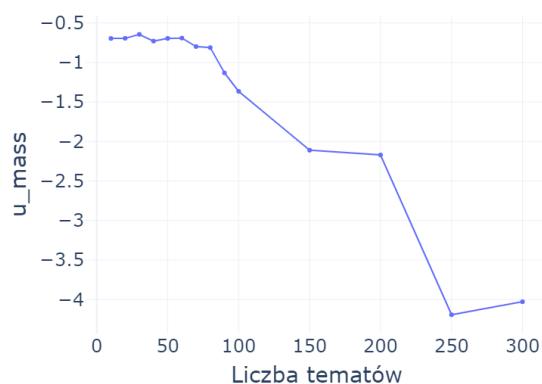
Tematy uzyskane metodą BERTopic zostały porównane z popularną metodą modelowania tematycznego — LDA. W tym celu wykonano pomiary spójności algorytmami opisanymi w poprzednich rozdziałach. Jedną z zasadniczych wad algorytmu LDA jest fakt, iż liczba tematów jest jego parametrem. Aby znaleźć optymalną liczbę tematów, przeprowadzono pomiary dla różnych wartości parametru z zakresu [10–300]. Dokumenty przetworzono tą samą metodą, co w przypadku generowania wektorów TF-IDF w rozdziale 3.3.2, mianowicie lematyzacja słownikami *Morfeusz2*, usunięcie polskich słów bez znaczenia (ang. *stop words*) oraz wygenerowanie bigramów. Ze względu na ograniczenia techniczne związane z pamięcią operacyjną maszyny (128GB), analizie poddano sto tysięcy losowo wybranych dokumentów, co stanowi ok. 34% całości korpusu. Wyniki tych pomiarów przedstawione są na rysunku 5.7 oraz w tabeli 5.4. Z danych można odczytać, że dokładność modelu utrzymuje się na podobnym poziomie do ok. 80 tematów, potem zaczyna gwałtownie spadać. Za optymalną liczbę tematów wybrano więc 80 ze względu na zróżnicowanie korpusu, który z pewnością zawiera dużo tematów.

Dla znalezionych tematów wygenerowano reprezentacje składające się z pięciu najwyższej ocenianych słów. Losowo wybrane 5 tematów przedstawiono w tabeli 5.5a. Dodatkowo, ze

a)



b)

Rys. 5.7: Wyniki pomiarów dla LDA: a) C_{NPMI} , b) C_{UMass}

Tab. 5.4: Wyniki pomiarów dla LDA w zależności od liczby tematów

	c_npmi	u_mass
10	0.071499	-0.696868
20	0.076610	-0.694938
30	0.071255	-0.645520
40	0.072496	-0.730301
50	0.068460	-0.696550
60	0.073730	-0.692332
70	0.073619	-0.799463
80	0.067665	-0.813064
90	0.049716	-1.132477
100	0.036761	-1.366198
150	0.011804	-2.110305
200	0.014556	-2.170508
250	-0.037109	-4.191849
300	-0.038166	-4.027447

względzie na to, iż mediana liczby znalezionych tematów algorytmem HDBSCAN wyniosła 219, postanowiono zbadać również model LDA dla 200 tematów (tabela 5.5b). Dla obu tych modeli widoczny jest problem opisany na początku rozdziału 4. Mianowicie, reprezentacje tematów zawierają wiele podobnych słów specyficznych dla całego korpusu, a nie tematu („ustawa”, „minister”, czy „poseł”). Podjęto próby poszerzenia listy słów nieinformatywnych, jednak szybko okazało się, iż takich słów jest zbyt wiele — po usunięciu słów specyficznych dla korpusu nadal reprezentacje tematów składały się często ze słów typu „czas”, „kwestia”, „chodzi”. Nie stwierdzono zauważalnej różnicy między dokładnością reprezentacji wygenerowanych dla 80 tematów, a tymi dla 200. Niedziałająca skuteczność LDA na używanym korpusie może być związana ze specyfiką posiedzeń sejmowych. Stenografie z przemówień często zawierają różne komentarze, odniesienia do poprzedzających wypowiedzi itp. W momencie, kiedy mówca wypowiada się jedynie nawiązując do tematu słowami typu „proponowana ustanawia”, nie sposób zrozumieć, o czym jest mowa, bez analizy poprzedzających wypowiedzi. Jedną z zalet algorytmu HDBSCAN jest wykrywanie szumu, a więc takie wypowiedzi nie są na siłę przyporządkowywane do

jakiegoś jednego tematu. Dzięki temu tematy są znacznie bardziej spójne, niż te wygenerowane przez LDA.

Tab. 5.5: Reprezentacje pięciu losowo wybranych tematów dla LDA: a) 80 tematów, b) 200 tematów

	A	rok mieć europejski minister r
	B	państwo ustawa mieć rok Polska
a)	C	minister państwo dziecko rok szkoła
	D	minister poseł pytanie mieć chcieć
	E	ustawa mieć poseł wysoki poprawka
	A	ustawa projekt ustawy komisja wysoki
	B	rok mieć minister poseł Maryja
b)	C	ustawa zmiana projekt prawo ustawy
	D	trybunał konstytucyjny ustawa rok Trybunału
	E	ustawa mieć rok Pan sprawa

Rozdział 6

Analiza wyników

Szczegółowe wyniki zostały przedstawione w dodatku A. Wykres przedstawiony na rysunku 5.4 ilustruje końcowe uśrednione wyniki. W kolejnych rozdziałach omówione są te wyniki z podziękiem na poszczególne modele, a następnie na poszczególne metryki.

6.1. Porównanie metod generowania wektorów

W pierwszej kolejności porównane zostaną wyniki pod kątem metod utworzenia wektorów wypowiedzi. Wyniki omawiane są zgodnie z kolejnością występowania w tabeli z wynikami zamieszczonej w dodatku A.

6.1.1. Sentence Transformers

Wektory wygenerowane przez modele SBERT oparte na transformerach są w stanie generować bardzo dobre wyniki, ale wymagana jest analiza poszczególnych zdań, a nie całych wypowiedzi. Jak pokazują wyniki uzyskane przez model *sbert-default* (wiersze 0–83 tabeli z wynikami), w zdecydowanej większości kombinacji parametrów otrzymane grupowania były bardzo ogólne — od 5 do 25 tematów zwróciło aż 65% testowanych wariantów. Spowodowane jest to dostrojeniem modeli SBERT na korpusach złożonych ze zdań. Model osiąga więc najwyższą dokładność analizując zdania standardowej długości, podczas gdy wypowiedzi sejmowe są znacznie dłuższe (rys. 3.4). Analizując więc tak długie dokumenty, model bierze pod uwagę tylko początki wypowiedzi. Te z kolei zwykle rozpoczynają się od formalnego przywitania, np. „Szanowna Pani Marszałek!”, „Szanowni Państwo!” czy „Wysoka Izbo!”. Stąd model, który analizuje całość wypowiedzi począwszy od przywitań, często podda analizie jedynie niewielki fragment merytorycznej części wypowiedzi. Efekt ten jest szczególnie uwypuklony w przypadku modeli SBERT, które wyuczone są na zdaniach krótszych niż maksymalny limit wynikający z architektury (który dla modeli bazujących na BERT wynosi 512 tokenów). Tematy wygenerowane przez model o indeksie w tabeli z wynikami 37 przedstawione zostały w tabeli 6.1. Można podejrzewać, że temat nr. A zawiera wypowiedzi rozpoczynające się od komentarza kierowanego do innego posła, a w temacie C przemawiający odnoszą się do agendy danego dnia. Żadne z tych tematów nie nadają się do dalszej analizy.

Warto jednak zauważyć, iż nawet ten model po dostrojeniu parametrów potrafi wygenerować czytelne tematy. Oznacza to, że część merytorycznych informacji została przeanalizowana podczas generowania wektorów. Są one wydobywane, jeśli parametry UMAP oraz HDBSCAN zostaną dostrojone tak, aby brane pod uwagę były tylko lokalne zależności (niskie *n_neighbors* oraz *min_samples*). Wraz ze wzrostem wartości tych parametrów, brane są pod uwagę ogólniejsze podobieństwa, do w przypadku takiego modelu oznacza formalne przywitania, czy

Tab. 6.1: Reprezentacje wybranych tematów dla modelu sbert-default z parametrami (15,100,100)

A	jerzy stanisław kazimierz henryk płażyński
B	ustawy państwa komisji europejskiej polski
C	godz 12 wspólnie komisją godz 13 godz 11 godz 16
D	wspólnie komisją godz 11 godz 12 następujących komisji posiedzenia następujących komisji

nazwiska posłów. Jednak nawet najlepszy model (indeks **34**) jako szum oznaczył prawie 165 tysięcy wypowiedzi, podczas gdy mediana wynosi ok. 137 tysięcy. Wynika to z tego, że nawet jeśli model był w stanie wyciągnąć informacje z początku wypowiedzi, to nie zawsze było to wystarczające, przez co więcej dokumentów zostało zaklasyfikowanych jako szum. Średni wynik tego modelu wynoszący w zaokrągleniu 0.45 również jest znacznie poniżej mediany 0.57.

Zdecydowanie lepiej sprawdziły się warianty modelu, które w pierwszej kolejności dzieliły wypowiedź na zdania, a następnie łączyły wektory wygenerowane dla każdego zdania osobno. Najlepszy wynik osiągnął model ważący zdania algorytmem LexRank (10 najwyższych wyników przedstawiono w tabeli 6.2). Z trzech analizowanych metod podziału na zdania, metoda oparta o ważenie wektorami tf-idf wypadła najgorzej, co sugeruje iż metoda ta powoduje zbyt dużą utratę informacji. Na podstawie wyników nie można również jednoznacznie stwierdzić, iż ważenie wektorów algorytmem LexRank znaczaco podnosi jakość wektorów. Co prawda najlepszy wynik osiągnął algorytm ważony tym sposobem, jednak mediana wyników najwyższa jest dla algorytmu *sbert-mean* (0.592 vs 0.579 dla *sbert-lexrank-weighted* oraz 0.565 dla *sbert-tf-idf-weighted*). Wyniki te skłaniają ku wnioskom, że próby ważenia wektorów skutkują utratą informacji, a nie wy tłumianiem szumu, jak pierwotnie zakładano. Jak pokazują wyniki na wykresie 5.3, wektory ważone algorytmem tf-idf osiągają znacznie gorsze wyniki, podczas gdy uśrednione i ważone algorytmem LexRank są do siebie zbliżone. W pozostałych metrykach wszystkie trzy metody osiągały podobne wyniki co oznacza, że ważenie wektorów w najlepszym wypadku jedynie nie pogarsza wyniku.

W przypadku modeli *top1* traktujących wektor o najwyższym wyniku (lub średnią pięciu wektorów — *top5*) wg. rankingu LexRank lub tfidf, wyniki były znacznie gorsze od pozostałych ze względu na utratę zbyt dużej ilości danych. Podobnych przyczyn (aczkolwiek w mniejszym stopniu) można się doszukiwać w przyczynach gorszej dokładności modeli ważonych. Okazuje się, że każda informacja zawarta w wektorach zdań może okazać się istotna i podczas analizy wielkiej ilości danych, informacje te mogą okazać się istotne. Z tego powodu najlepsze wyniki osiągnął model *sbert-mean*, który uśrednia wektory wszystkich zdań bez wag.

Tab. 6.2: Wyniki 10 najlepszych modeli SBERT

<i>model</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>avg</i>
118	sbert-lexrank-weighted	15	100	1 0.679364
202	sbert-mean	15	100	1 0.658695
92	sbert-lexrank-weighted	5	100	50 0.653523
201	sbert-mean	15	50	50 0.647214
285	sbert-tf-idf-weighted	15	50	50 0.642425
230	sbert-mean	25	100	1 0.640095
107	sbert-lexrank-weighted	10	100	100 0.638268
187	sbert-mean	10	50	50 0.636077
191	sbert-mean	10	100	100 0.635758
132	sbert-lexrank-weighted	20	100	1 0.632976

6.1.2. TF-IDF

Metoda tworzenia wektorów za pomocą algorytmu TF-IDF okazała się skuteczna do analizy danych z korpusu. Skuteczność tego algorytmu podyktowana jest specyfiką problemu. Rozmiar analizowanych wypowiedzi, który jest źródłem problemów dla algorytmów opartych o uczenie maszynowe, jednocześnie sprzyja dokładności algorytmów statystycznych. Im dłuższe są analizowane dokumenty, tym większa różnorodność występujących słów i większa szansa na znalezienie podobnych słów w wypowiedziach na ten sam temat. Jak pokazano na rys. 5.6, analiza wektorów tf-idf skutkowała wykryciem znacznie większej liczby tematów, niż w przypadku pozostałych metod. Obserwacja ta jest zgodna z oczekiwaniami, ponieważ ze względu na metodkę, w której nie ma pojęcia podobieństwa słów, wiele dokumentów nie ma wspólnych tokenów pomimo podobnej tematyki (z powodu różnych odmian tych samych słów). Jeśli więc już wystąpią jakieś wspólne słowa, to powstałe wektory będą blisko siebie w przestrzeni. Należy więc oczekwać, że wektory wygenerowane w ten sposób będą zawierać wiele grup silnie skoncentrowanych.

Jak się jednak okazuje, odpowiednio skonfigurowany algorytm grupowania HDBSCAN potrafi sobie poradzić również z wektorami w takich przestrzeniach. Wraz ze wzrostem wartości parametru *min_cluster_size*, powstrzymujemy algorytm przed rozbiciem klastrów na mniejsze grupy (podczas etapu kondensowania hierarchii grup opisanego w rozdziale 4.2). W ten sposób możliwa jest redukcja liczby tematów z prawie 1800 (dla *min_cluster_size*=5) do mniej niż 200 (dla *min_cluster_size*=200). Efekt ten jest widoczny na wykresie 5.6, gdzie najwyższy wynik uzyskał model dla parametrów *min_cluster_size*=200 oraz *min_samples*=100. Uzyskał on prawie tak wysoki wynik, jak pozostałe modele dla parametrów *min_cluster_size*=100 oraz *min_samples*=1. Proces ten pozwolił wektorom tf-idf na osiągnięcie lepszych uśrednionych wyników niż jakiekolwiek inne analizowane metody (rys. 5.4, zakres dla *min_cluster_size*=200).

Tak drastyczna redukcja tematów wiąże się jednak z innym problemem. Ze względu na wysoką specyficzność tematów wygenerowanych przez tfidf, grupy powstałe przez połączenie mniejszych grup nie zawsze są spójne. Relację tę dobrze ukazuje metryka C_{UMass} (Rys. 5.1). Metryka ta mierzy współwystępowanie słów z reprezentacji tematu we wszystkich dokumentach grupy. Oba modele *tfidf* osiągają znacznie gorszy wynik od pozostałych, co wskazuje na duże zróżnicowanie zgrupowanych dokumentów. Oznacza to, że wysoki wynik osiągany przez modele *tfidf* nie wynika z większej dokładności w wykrywaniu zależności między wypowiedziami. Przeciwnie, jest to oznaka mniejszej dokładności modelu, który w mniejszym stopniu wykrywa różnice między dokumentami. W tym kontekście nie jest zaskakującym wysoki wynik modeli zmierzony pozostały mietrykami.

Zgodnie z oczekiwaniemi, wstępne przetworzenie danych poprzez lematyzację przyniosło wymierne polepszenie wyników. Średni wynik dla wszystkich parametrów wzrósł z 0.58 do 0.62, podczas gdy wynik dla najlepszych parametrów (modele o indeksach odpowiednio 376 i 457 w tabeli z wynikami) wzrósł z 0.71 do 0.75. Najlepszy wynik uzyskany metodą inną niż tfidf wyniósł 0.68 uzyskany ex aequo przez modele *sbert-lexrank-weighted* (indeks 118) oraz *use-default* (indeks 443). Przewaga jest więc istotna i widoczna w wynikach.

6.1.3. Universal Sentence Encoder

Wariant USE testowany w pracy zbudowany jest na konwolucyjnych sieciach neuronowych. Architektura ta nie jest zwykle utożsamiana z zadaniami NLP (ang. *Natural Language Processing*), jednak również możliwe jest osiągnięcie dobrych rezultatów. Tak też było w tym przypadku. Ciekawą różnicą w stosunku do modeli opartych o SBERT, wektory wygenerowane przez USE dawały najlepsze wyniki dla modeli analizujących bezpośrednio całą wypowiedź (*use-default*).

Oznacza to, że model USE dużo lepiej radzi sobie z długimi zdaniami. Różnica ta obrazuje, na jak krótkich zdaniach wytrenowany został model SBERT. Pomimo większego limitu wejścia tych modeli (512 tokenów), model operujący na całych wypowiedziach (*sbert-default*) osiągał najsłabsze wyniki. Tymczasem model USE najlepsze wyniki osiągał na całych wypowiedziach pomimo bardziej ograniczającego limitu 256 tokenów. Wysoka dokładność USE może też być efektem znanego zjawiska (zwykle w kontekście artykułów czy wiadomości), gdzie na początku dokumentu zawarta jest często informacja, o czym jest dokument (jako wstęp). Możliwe, że wypowiedzi posłów w sejmie również często posiadają analogiczną strukturę (na wstępnie odniesienie się do tego, o czym jest mowa, a następnie rozwinięcie szczegółów), co ułatwia przyporządkowanie tematów na podstawie samego początku dokumentu.

Jak pokazano na podsumowaniu w tabeli 5.2b, wektory wygenerowane przez USE dla każdego zdania z osobna, osiągają istotnie gorsze wyniki, jeśli zastosowane zostało ważenie wektorów. Użycie zwykłej średniej wektorów daje znacznie lepsze wyniki, aczkolwiek różnica między tymi dwoma podejściami jest diametralna (w przeciwieństwie do wektorów SBERT, gdzie ważone wektory są niewiele gorsze).

6.2. Porównanie z LDA

Tematy wygenerowane przez LDA okazały się mało użyteczne ze względu na niską jakość reprezentacji (rozdział 5.5). Niemniej warto jednak przyjrzeć się wynikom funkcji C_{NPMI} i C_{UMass} ukazanym na rys. 5.7. Obie te miary ocenili najwyższej modele zawierające do 80 tematów. Jak wykazała manualna analiza, reprezentacje tych tematów były nieporównywalnie gorsze od reprezentacji tematów wygenerowanych przez BERTopic. Pomimo to, model LDA dla 80 tematów osiąga wynik ok. 0.068 (tabela 5.4), podczas gdy tak wysoką wartość osiąga jedynie kilka modeli wygenerowanych przez BERTopic (np. model tfidf o indeksie 367). Jest to znak, że metryka ta może nie być dobrym wyznacznikiem jakości tematów dla tego korpusu.

Metryka C_{UMass} wydaje się być bardziej spójna dla tego korpusu. Model LDA dla 80 tematów osiągnął wartość -0.813 . Nadal jest to wysoka wartość, jak na jakość reprezentacji tematów, jednak nie jest to wartość nieprzekraczana przez modele BERTopic. Porównując reprezentacje tematów obu typów modeli dla tego samego wyniku C_{UMass} wciąż widoczna jest duża różnica w jakości, dlatego metryka ta również nie jest idealnym odwzorowaniem jakości tematów.

6.3. Omówienie wyników dla poszczególnych metryk

Ze względu na naturę nienadzorowanych problemów, żadna metryka nie odzwierciedla w pełni właściwości wyników. Każda metryka jest jedynie przybliżeniem i oceną pewnych aspektów rezultatu, jednak nie może być traktowana jako uniwersalna prawda. W kolejnych częściach przedstawione zostaną wyniki poszczególnych metryk oraz jakie wiążą się z nimi wady.

Tabela 6.3 przedstawia macierz korelacji Pearsona między wykorzystywany parametrami oraz metrykami. Nie zauważono dużej korelacji między wykorzystywany metrykami co oznacza, że wyciąganie z nich średniej arytmetycznej nie powinno faworyzować poszczególnych aspektów analizowanych danych. Jedyna istotna korelacja (> 0.5) wystąpiła pomiędzy metrykami U_{MAss} oraz c_{NPMI} . Jest to odwrotna korelacja (-0.801), co sugeruje, że metryki te zupełnie inaczej oceniają spójność wykrytych tematów.

Tab. 6.3: Macierz korelacji Pearsona dla parametrów oraz metryk

	$n_neighbors$	$min_cluster_size$	$min_samples$	C_{UMass}	C_{NPMI}	s_c	s_f	s_T	avg
$n_neighbors$	1.000	0.006	0.004	0.111	0.018	0.054	-0.187	0.102	0.071
$min_cluster_size$	0.006	1.000	0.469	0.662	-0.557	0.108	0.506	0.381	0.514
$min_samples$	0.004	0.469	1.000	0.446	-0.260	0.043	0.293	0.120	0.289
C_{UMass}	0.111	0.662	0.446	1.000	-0.801	-0.216	0.065	0.491	0.280
C_{NPMI}	0.018	-0.557	-0.260	-0.801	1.000	0.346	0.166	-0.380	0.098
s_c	0.054	0.108	0.043	-0.216	0.346	1.000	0.426	-0.088	0.626
s_f	-0.187	0.506	0.293	0.065	0.166	0.426	1.000	-0.001	0.686
s_T	0.102	0.381	0.120	0.491	-0.380	-0.088	-0.001	1.000	0.536
avg	0.071	0.514	0.289	0.280	0.098	0.626	0.686	0.536	1.000

6.3.1. Spójność reprezentacji tematów

Wyniki testów metryką C_{UMass} przedstawione zostały na rysunku 5.1 oraz w tabeli z wynikami w dodatku A. Wykres przedstawia dane dla ograniczonego zakresu parametrów (stałe $n_neighbors$ równe 15), jednak podobne zależności występują dla pozostałych wartości parametru. Zaskakującym może się wydawać dobry wynik *sbert-default*, jednak jak opisano w rozdziale 6.1.1, model ten generuje bardzo ogólne wektory, ponieważ analizuje jedynie początki wypowiedzi. Metryka C_{UMass} bada współwystępowanie słów tematu w klastrach, co w naturalny sposób promuje ogólne tematy, takie jak te generowane przez model *sbert-default*. Ważnym fragmentem wykresu są wyniki modeli *tfidf* i *tfidf-spacy*. Są one znacznie gorsze od pozostałych, co wyjaśnione zostało w podrozdziale 6.1.2. Pozostałe metody osiągnęły podobne wyniki.

Na wykresie widoczna jest również korelacja metryki z parametrem $min_cluster_size$, która wynosi 0.662 (tabela 6.3). Wraz ze wzrostem minimalnego rozmiaru grupy, maleje liczba tematów, a ich rozmiar rośnie. Zwiększa się też zatem ich zróżnicowanie, przez co tematy stają się bardziej ogólne. Coraz lepszy wynik wraz ze wzrostem minimalnego rozmiaru grupy jest więc prawdopodobnie spowodowany tym samym czynnikiem, co niespodziewany wysoki wynik modelu *sbert-default*.

Metryka C_{NPMI} , podobnie jak C_{UMass} bada spójność reprezentacji tematu w kontekście zawartości dokumentów z klastra. Te wyniki prezentują się zgoła odmiennie. Model *sbert-default* zgodnie z oczekiwaniemi osiąga tym razem najgorsze wyniki. Najwyższe wyniki osiągnięte zostały przez modele bazujące na tf-idf. Kolejnym najlepszym algorytmem odstającym od reszty okazał się *use-tf-idf-weighted*. Jest to o tyle ciekawe, że te wektory osiągały gorsze wyniki od pozostałych we wszystkich innych testach.

Różnica w wynikach pomiędzy C_{UMass} , a C_{NPMI} oraz ujemna korelacja między nimi podkreśla fakt, że algorytmy te są jedynie pośrednim przybliżeniem spójności tematów. Jedyną metodą dającą pewność co do wyników, jest manualna weryfikacja przez człowieka. Ze względu na ograniczone zasoby metoda ta nie mogła jednak zostać zastosowana w tej pracy.

6.3.2. Spójność rozkładu tematów

Algorytm oznaczony jako s_c bada, czy przyporządkowanie tematów jest spójne ze strukturą przebiegu posiedzeń plenarnych sejmu. Na wykresie 5.3 można zauważyc, iż metryka ta jest

mniej zależna od wybranych parametrów. Dla niskich wartości $n_neighbors$, które skutkują dużą liczbą tematów, otrzymano znacznie gorsze wyniki. Jednak już od $n_neighbors$ równego 10, wyniki dla większości modeli ustabilizowały się. Jedynie modele oparte o tfidf lekko poprawiały swoje wyniki do samego końca, co jest spójne z obserwacjami w pozostałych testach.

Najwyższe wyniki osiągnął model *tfidf-spacy*, który operuje na danych poddanych lematyzacji. Warte uwagi jest to, że najwyższy wynik nie został osiągnięty przez model, który przydzielił najwięcej dokumentów. Oznacza to, że metryka jest w pewnym stopniu odporna na modele tworzące zbyt ogólne tematy poprzez niską dokładność. Niemniej macierz korelacji wskazuje na istniejącą korelację pomiędzy wynikami s_c , a s_f , która wyniosła 0.426. Nie jest to jednak wystarczająco wysoka wartość by stwierdzić, że wartości te są od siebie zależne.

Patrząc na tabelę z wynikami, modele, które wykryły od kilku do kilkunastu tematów, zgodnie z oczekiwaniemi osiągnęły bardzo wysoki wynik w tej mierze. Należy mieć to na uwadze, że miara ta nie może posłużyć do oceny takich modeli. To samo tyczy się również poprzednich dwóch miar, gdzie dla C_{UMass} modele te zbliżyły się do wartości równej 0 (najlepszy możliwy wynik), a dla C_{NPMI} osiągały wyniki dwu-trzykrotnie lepsze niż najlepsze poprawne modele.

6.3.3. Pozostałe

Metryka związana z liczbą przyporządkowanych dokumentów przyniosła spodziewane rezultaty. Im bardziej ogólny jest model, tym lepszy uzyskał wynik. Jest to bardzo prosta metoda i sama w sobie nie może stanowić żadnej oceny wartości modeli. Została jednak uwzględniona jako składowa oceny uśredniającej wyniki, ponieważ jest to istotna informacja o uzyskanych klastrach. Jeśli model przyporządkuje małą liczbę dokumentów, to miara taka jak C_{UMass} uzna uzyskane grupowania za spójne i przypisze odpowiednio wysoki wynik. Miara ta pełni więc rolę filtra, który ma za zadanie obniżać wyniki tych modeli, które pominęły zbyt dużą liczbę dokumentów (przykładowo *sbert-default*). Najlepsze wyniki ponownie osiągnęły modele bazujące na tfidf, co również było spodziewane ze względu na ich ograniczoną dokładność.

Analiza liczby odnalezionych tematów pełni podobną rolę. Modele, które odnajdują zbyt dużą liczbę tematów (*tfidf*, *tfidf-spacy*) zawdzięczają wysokie wyniki dużej liczbie grup. Dzięki znormalizowaniu liczby odnalezionych tematów, możliwa jest ocena danego modelu pod tym kątem. Zarówno modele odnajdujące za mało tematów (np. modele *sbert* oraz *use* dla $min_cluster_size=200$) otrzymują niski wynik. Analogicznie modele, które wykryły za dużo tematów, otrzymują również niski wynik. Zależność ta przedstawiona została na rysunku 5.6.

Warto zauważyć, iż modele oparte na *tfidf* osiągnęły wysokie wyniki w obu omawianych wynikach dla parametru $min_cluster_size=200$. Pozostałe metody dla tak wysokiej minimalnej liczby tematów osiągały gorsze wyniki niż dla mniejszych wartości. W połączeniu z najwyższymi wynikami we wszystkich pozostałych metrykach oprócz C_{UMass} , pozwoliło to na zajęcie najwyższych miejsc w rankingu.

Rozdział 7

Podsumowanie

Literatura

- [1] N. Aletras, M. Stevenson. Evaluating topic coherence using distributional semantics. *Proceedings of the 10th International Conference on Computational Semantics (IWCS 2013) – Long Papers*, strony 13–22, Potsdam, Germany, Mar. 2013. Association for Computational Linguistics.
- [2] D. M. Blei, A. Y. Ng, M. I. Jordan. Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3:993–1022, 2003.
- [3] G. Bouma. Normalized (pointwise) mutual information in collocation extraction. *Proceedings of the Biennial GSCL Conference 2009*, 01 2009.
- [4] S. R. Bowman, G. Angeli, C. Potts, C. D. Manning. A large annotated corpus for learning natural language inference. *Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, strony 632–642, Lisbon, Portugal, Wrze. 2015. Association for Computational Linguistics.
- [5] R. J. G. B. Campello, D. Moulavi, A. Zimek, J. Sander. Hierarchical density estimates for data clustering, visualization, and outlier detection. *ACM Trans. Knowl. Discov. Data*, 10(1), Lip. 2015.
- [6] J. Carbonell, J. Goldstein. The use of mmr, diversity-based reranking for reordering documents and producing summaries. *Proceedings of the 21st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, SIGIR ’98, strona 335–336, New York, NY, USA, 1998. Association for Computing Machinery.
- [7] J. Chang, J. Boyd-Graber, S. Gerrish, C. Wang, D. M. Blei. Reading tea leaves: How humans interpret topic models. *Proceedings of the 22nd International Conference on Neural Information Processing Systems*, NIPS’09, strona 288–296, Red Hook, NY, USA, 2009. Curran Associates Inc.
- [8] K. W. Church, P. Hanks. Word association norms, mutual information, and lexicography. *Computational Linguistics*, 16(1):22–29, 1990.
- [9] A. Conneau, K. Khandelwal, N. Goyal, V. Chaudhary, G. Wenzek, F. Guzmán, E. Grave, M. Ott, L. Zettlemoyer, V. Stoyanov. Unsupervised cross-lingual representation learning at scale. *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, strony 8440–8451, Online, Lip. 2020. Association for Computational Linguistics.
- [10] S. Dadas, M. Perełkiewicz, R. Poświata. Evaluation of sentence representations in Polish. *Proceedings of the 12th Language Resources and Evaluation Conference*, strony 1674–1680, Marseille, France, Maj 2020. European Language Resources Association.
- [11] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, K. Toutanova. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language*

- Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, strony 4171–4186, Minneapolis, Minnesota, Czerw. 2019. Association for Computational Linguistics.
- [12] G. Erkan, D. R. Radev. Lexrank: Graph-based lexical centrality as salience in text summarization. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 22:457–479, Dec 2004.
- [13] M. Grootendorst. Bertopic: Leveraging bert and c-tf-idf to create easily interpretable topics., 2020.
- [14] Z. S. Harris. Distributional structure. *WORD*, 10(2-3):146–162, 1954.
- [15] H. Jelodar, Y. Wang, C. Yuan, X. Feng, X. Jiang, Y. Li, L. Zhao. Latent dirichlet allocation (lda) and topic modeling: Models, applications, a survey. *Multimedia Tools Appl.*, 78(11):15169–15211, Czerw. 2019.
- [16] Y. Kim. Convolutional neural networks for sentence classification. *Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, strony 1746–1751, Doha, Qatar, Paz. 2014. Association for Computational Linguistics.
- [17] P. Kouris, G. Alexiadidis, A. Stafylopatis. Abstractive text summarization based on deep learning and semantic content generalization. *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, strony 5082–5092, Florence, Italy, Lip. 2019. Association for Computational Linguistics.
- [18] M. Marelli, S. Menini, M. Baroni, L. Bentivogli, R. Bernardi, R. Zamparelli. A SICK cure for the evaluation of compositional distributional semantic models. *Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14)*, strony 216–223, Reykjavik, Iceland, Maj 2014. European Language Resources Association (ELRA).
- [19] L. McInnes, J. Healy, N. Saul, L. Grossberger. Umap: Uniform manifold approximation and projection. *The Journal of Open Source Software*, 3(29):861, 2018.
- [20] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, J. Dean. Efficient estimation of word representations in vector space. Y. Bengio, Y. LeCun, redaktorzy, *1st International Conference on Learning Representations, ICLR 2013, Scottsdale, Arizona, USA, May 2-4, 2013, Workshop Track Proceedings*, 2013.
- [21] D. Mimno, H. M. Wallach, E. Talley, M. Leenders, A. McCallum. Optimizing semantic coherence in topic models. *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, EMNLP '11, strona 262–272, USA, 2011. Association for Computational Linguistics.
- [22] M. Ograniczuk. The Polish Sejm Corpus. *Proceedings of the Eighth International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2012*, strony 2219–2223, Istanbul, Turkey, 2012. European Language Resources Association (ELRA).
- [23] M. Ograniczuk. Polish Parliamentary Corpus. D. Fišer, M. Eskevich, F. de Jong, redaktorzy, *Proceedings of the LREC 2018 Workshop ParlaCLARIN: Creating and Using Parliamentary Corpora*, strony 15–19, Paris, France, 2018. European Language Resources Association (ELRA).
- [24] M. Omar, B.-W. On, I. Lee, G. S. Choi. Lda topics: Representation and evaluation. *Journal of Information Science*, 41(5):662–675, 2015.
- [25] N. Reimers, I. Gurevych. Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks. *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Association for Computational Linguistics, 11 2019.

-
- [26] N. Reimers, I. Gurevych. Making monolingual sentence embeddings multilingual using knowledge distillation. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Association for Computational Linguistics, 11 2020.
 - [27] M. Röder, A. Both, A. Hinneburg. Exploring the space of topic coherence measures. *Proceedings of the Eighth ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, WSDM '15, strona 399–408, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
 - [28] P. Rybak, R. Mroczkowski, J. Tracz, I. Gawlik. KLEJ: Comprehensive benchmark for Polish language understanding. *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, strony 1191–1201, Online, Lip. 2020. Association for Computational Linguistics.
 - [29] C. Sammut, G. I. Webb, redaktorzy. *TF-IDF*, strony 986–987. Springer US, Boston, MA, 2010.
 - [30] R. Tuora, Łukasz Kobyliński. Integrating polish language tools and resources in spacy. *Proceedings of PP-RAI'2019 Conference*, Wrocław, Poland, 10 2019.
 - [31] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, L. u. Kaiser, I. Polosukhin. Attention is all you need. I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, R. Garnett, redaktorzy, *Advances in Neural Information Processing Systems*, wolumen 30. Curran Associates, Inc., 2017.
 - [32] T. Walkowiak, S. Datko, H. Maciejewski. Bag-of-words, bag-of-topics and word-to-vec based subject classification of text documents in polish - a comparative study. W. Zamojski, J. Mazurkiewicz, J. Sugier, T. Walkowiak, J. Kacprzyk, redaktorzy, *Contemporary Complex Systems and Their Dependability*, strony 526–535, Cham, 2019. Springer International Publishing.
 - [33] M. Woliński. Morfeusz reloaded. N. Calzolari, K. Choukri, T. Declerck, H. Loftsson, B. Maegaard, J. Mariani, A. Moreno, J. Odijk, S. Piperidis, redaktorzy, *Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation*, LREC 2014, strony 1106–1111, Reykjavík, Iceland, 2014. European Language Resources Association (ELRA).
 - [34] Y. Yang, D. Cer, A. Ahmad, M. Guo, J. Law, N. Constant, G. Hernandez Abrego, S. Yuan, C. Tar, Y.-h. Sung, B. Strope, R. Kurzweil. Multilingual universal sentence encoder for semantic retrieval. *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations*, strony 87–94, Online, Lip. 2020. Association for Computational Linguistics.

Dodatek A

Wyniki

W tabeli zawarte są wszystkie metody, dla których wykonane zostały pełne testy (jak opisano w rozdziale 5.4). W kolumnach przedstawiono kolejno metody generowania wektorów, parametry testów, liczbę znalezionych tematów i liczbę nieprzypisanych dokumentów, wyniki testów oraz wynik uśredniony. Jeśli dla danych parametrów liczba tematów była poza zakresem [50–1000], to niektóre testy były pomijane w celach optymalizacyjnych. Wtedy w kolumnach wpisana jest wartość „`<NA>`”. Wyniki te omówione zostały w rozdziale 6.

	<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>znalezione</i>	<i>CNPMI</i>	<i>CfMass</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
0	sbert-default	5	10	10	1896	185944	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.343122	0.361927	0.086421	<code><NA></code>
1		5	20	10	971	188090	-0.038892	-1.492529	0.333838	0.354563	0.174206	0.116261
2		5	20	20	652	188321	-0.038838	-1.31486	0.314079	0.35377	0.268134	0.158222
3		5	50	10	374	182551	-0.043253	-1.003618	0.308785	0.37357	0.5058	0.267412
4		5	50	25	282	177047	-0.029266	-0.925521	0.328862	0.392457	0.715753	0.37024
5		5	50	50	222	182988	-0.027915	-0.857088	0.331306	0.372071	0.98144	0.433798
6		5	100	1	300	170082	-0.048076	-0.831497	0.312935	0.416358	0.66199	0.348103
7		5	100	10	197	181430	-0.044322	-0.797835	0.300431	0.377417	0.87821	0.380767
8		5	100	50	154	179672	-0.045718	-0.736412	0.327188	0.38345	0.709352	0.373854
9		5	100	100	119	172452	-0.050003	-0.635096	0.312816	0.408225	0.61336	0.369009
10		5	200	1	6	536	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.995289	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
11		5	200	20	6	483	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.995031	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
12		5	200	100	81	170251	-0.050756	-0.48484	0.328296	0.415778	0.534787	0.393235
13		5	200	200	5	500	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.99678	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
14		10	10	10	922	193658	-0.033673	-1.438908	0.362758	0.335456	0.184112	0.145946
15		10	20	10	503	187828	-0.028573	-1.186659	0.346131	0.355462	0.358392	0.238901
16		10	20	20	351	181748	-0.022864	-1.037108	0.315793	0.376326	0.545827	0.307769
17		10	50	10	248	183782	-0.024964	-0.904886	0.342414	0.369346	0.845447	0.406124
18		10	50	25	204	182645	-0.033752	-0.876049	0.343876	0.373248	0.913613	0.414587
19		10	50	50	177	181133	-0.024655	-0.819475	0.370946	0.378436	0.790668	0.433141
20		10	100	1	210	169804	-0.037774	-0.786388	0.332062	0.417312	0.946313	0.445447
21		10	100	10	154	182078	-0.043053	-0.764845	0.333863	0.375193	0.709352	0.372901
22		10	100	50	118	175781	-0.033412	-0.681595	0.380099	0.396802	0.610997	0.421874
23		10	100	100	5	262	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.996222	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
24		10	200	1	5	208	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.996038	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
25		10	200	20	5	71	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.995543	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
26		10	200	100	5	262	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.996222	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
27		10	200	200	5	289	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.996361	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
28		15	10	10	738	205198	-0.037615	-1.357117	0.340736	0.295856	0.234105	0.134406
29		15	20	10	425	203276	-0.036549	-1.142814	0.356612	0.302452	0.435056	0.232698
30		15	20	20	312	198540	-0.031753	-1.009897	0.369857	0.318704	0.630422	0.322889
31		15	50	10	211	191905	-0.038177	-0.880075	0.393337	0.341472	0.951992	0.430195
32		15	50	25	9	365	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.996334	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>
33		15	50	50	146	180010	-0.025967	-0.77709	0.383327	0.38229	0.684853	0.42623
34		15	100	1	172	164973	-0.040611	-0.728652	0.373526	0.43389	0.771443	0.448008
35		15	100	10	129	185329	-0.031163	-0.71368	0.389179	0.364038	0.638028	0.415437
36		15	100	50	6	61	<code><NA></code>	<code><NA></code>	0.995438	<code><NA></code>	<code><NA></code>	<code><NA></code>

Część dalsza na następnej stronie

	<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_{NPMI}</i>	<i>C_{UIMass}</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
37		15	100	100	6	166	<NA>	<NA>	0.995847	<NA>	<NA>	<NA>
38		15	200	1	5	258	<NA>	<NA>	0.995978	<NA>	<NA>	<NA>
39		15	200	20	5	204	<NA>	<NA>	0.995777	<NA>	<NA>	<NA>
40		15	200	100	5	166	<NA>	<NA>	0.996029	<NA>	<NA>	<NA>
41		15	200	200	5	182	<NA>	<NA>	0.99607	<NA>	<NA>	<NA>
42		20	10	10	22	732	0.200748	-0.28246	0.997711	<NA>	<NA>	<NA>
43		20	20	10	15	720	<NA>	<NA>	0.997659	<NA>	<NA>	<NA>
44		20	20	20	14	780	<NA>	<NA>	0.997819	<NA>	<NA>	<NA>
45		20	50	10	9	430	<NA>	<NA>	0.996584	<NA>	<NA>	<NA>
46		20	50	25	9	469	<NA>	<NA>	0.996671	<NA>	<NA>	<NA>
47		20	50	50	7	250	<NA>	<NA>	0.995914	<NA>	<NA>	<NA>
48		20	100	1	5	254	<NA>	<NA>	0.995999	<NA>	<NA>	<NA>
49		20	100	10	5	342	<NA>	<NA>	0.996335	<NA>	<NA>	<NA>
50		20	100	50	5	209	<NA>	<NA>	0.996205	<NA>	<NA>	<NA>
51		20	100	100	5	255	<NA>	<NA>	0.996355	<NA>	<NA>	<NA>
52		20	200	1	5	254	<NA>	<NA>	0.995999	<NA>	<NA>	<NA>
53		20	200	20	5	202	<NA>	<NA>	0.996174	<NA>	<NA>	<NA>
54		20	200	100	5	255	<NA>	<NA>	0.996355	<NA>	<NA>	<NA>
55		20	200	200	5	276	<NA>	<NA>	0.996434	<NA>	<NA>	<NA>
56		25	10	10	18	596	0.14624	-0.432704	0.997227	<NA>	<NA>	<NA>
57		25	20	10	16	919	0.140604	-0.178296	0.99824	<NA>	<NA>	<NA>
58		25	20	20	14	796	0.117594	-0.215723	0.997829	<NA>	<NA>	<NA>
59		25	50	10	8	322	0.167081	-0.082705	0.996043	<NA>	<NA>	<NA>
60		25	50	25	7	189	0.091904	-0.046411	0.995703	<NA>	<NA>	<NA>
61		25	50	50	7	160	0.062172	-0.046225	0.995603	<NA>	<NA>	<NA>
62		25	100	1	5	132	0.137992	0.0	0.995949	<NA>	<NA>	<NA>
63		25	100	10	5	108	0.149105	0.0	0.995873	<NA>	<NA>	<NA>
64		25	100	50	5	107	0.135549	0.0	0.995862	<NA>	<NA>	<NA>
65		25	100	100	5	147	0.0606	0.0	0.995994	<NA>	<NA>	<NA>
66		25	200	1	5	132	0.137992	0.0	0.995949	<NA>	<NA>	<NA>
67		25	200	20	5	137	0.129388	0.0	0.995966	<NA>	<NA>	<NA>
68		25	200	100	5	147	0.0606	0.0	0.995994	<NA>	<NA>	<NA>
69		25	200	200	5	197	0.205996	0.0	0.996195	<NA>	<NA>	<NA>
70		50	10	10	18	899	0.155491	-0.298607	0.998436	<NA>	<NA>	<NA>
71		50	20	10	276	209986	-0.037826	-0.996823	0.336594	0.279426	0.735668	0.299558
72		50	20	20	11	829	0.149332	-0.140926	0.998144	<NA>	<NA>	<NA>
73		50	50	10	130	193332	-0.039157	-0.718079	0.361101	0.336575	0.640605	0.372558
74		50	50	25	7	338	0.148287	-0.082405	0.99653	<NA>	<NA>	<NA>
75		50	50	50	6	167	0.073538	-0.022703	0.995822	<NA>	<NA>	<NA>
76		50	100	1	7	369	0.112364	-0.036839	0.99653	<NA>	<NA>	<NA>
77		50	100	10	6	124	0.095599	-0.024269	0.995639	<NA>	<NA>	<NA>
78		50	100	50	6	167	0.073538	-0.022703	0.995822	<NA>	<NA>	<NA>
79		50	100	100	6	219	0.106384	-0.024244	0.99602	<NA>	<NA>	<NA>
80		50	200	1	5	136	0.111388	0.0	0.995949	<NA>	<NA>	<NA>
81		50	200	20	5	153	0.188644	0.0	0.996022	<NA>	<NA>	<NA>
82		50	200	100	5	175	0.171734	0.0	0.996116	<NA>	<NA>	<NA>
83		50	200	200	5	244	0.229374	0.0	0.996369	<NA>	<NA>	<NA>
84	sbert-lexrank-weighted	5	10	10	2215	155735	<NA>	<NA>	0.495845	0.46559	0.073626	<NA>
85		5	20	10	1169	145094	<NA>	<NA>	0.485186	0.502105	0.143093	0.389896
86		5	20	20	881	145665	0.006419	-1.367078	0.495117	0.500146	0.193311	<NA>
87		5	50	10	512	134962	-0.00926	-1.186536	0.497328	0.536874	0.351251	0.457216
88		5	50	25	396	134052	-0.00096	-1.121208	0.509273	0.539996	0.472646	0.504102
89		5	50	50	320	137559	0.001199	-1.077908	0.502728	0.527962	0.610997	0.535632
90		5	100	1	361	124682	-0.015108	-1.018012	0.489588	0.57215	0.527671	0.515702
91		5	100	10	271	132201	-0.006829	-1.004643	0.506192	0.546348	0.753131	0.577395
92		5	100	50	201	123010	0.001198	-0.905722	0.504471	0.577887	0.898097	0.653523
93		5	100	100	169	129006	-0.015963	-0.85875	0.501711	0.557312	0.760351	0.594783
94		5	200	1	178	113436	-0.022424	-0.818403	0.503266	0.610741	0.794628	0.624904
95		5	200	20	141	121848	-0.017241	-0.785749	0.512078	0.581875	0.670383	0.605495
96		5	200	100	112	112807	-0.02055	-0.693529	0.513863	0.612899	0.597196	0.617952
97		5	200	200	98	116922	-0.006527	-0.667529	0.505078	0.598778	0.567298	0.627485
98		10	10	10	1293	170935	<NA>	<NA>	0.503128	0.413431	0.128698	<NA>
99		10	20	10	729	162427	0.01608	-1.344262	0.513014	0.442626	0.237256	0.396261
100		10	20	20	574	161807	0.02183	-1.251635	0.497789	0.444754	0.308852	0.430314
101		10	50	10	365	155211	0.004614	-1.13751	0.512321	0.467388	0.520743	0.488554
102		10	50	25	312	151126	0.003106	-1.083278	0.501727	0.481406	0.630422	0.519758
103		10	50	50	247	144339	-0.000339	-1.004436	0.519038	0.504696	0.849977	0.596977

Część dalsza na następnej stronie

<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_{NPMI}</i>	<i>C_{UIMass}</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
104	10	100	1	274	130600	-0.005733	-1.005645	0.504729	0.551842	0.742555	0.578376
105	10	100	10	201	135032	-0.008729	-0.962361	0.526057	0.536633	0.898097	0.620681
106	10	100	50	163	136181	-0.01031	-0.903584	0.528827	0.53269	0.739096	0.595884
107	10	100	100	126	110932	-0.008676	-0.749745	0.517323	0.619333	0.630422	0.638268
108	10	200	1	152	120145	-0.022589	-0.832533	0.523669	0.587719	0.703064	0.604411
109	10	200	20	122	127484	-0.02632	-0.771386	0.52837	0.562535	0.620557	0.584139
110	10	200	100	94	109221	-0.023003	-0.654037	0.520987	0.625205	0.559298	0.623645
111	10	200	200	87	127445	-0.031259	-0.647826	0.540491	0.562668	0.545827	0.591798
112	15	10	10	1048	176046	<NA>	<NA>	0.498129	0.395892	0.160624	<NA>
113	15	20	10	658	177833	0.015763	-1.308643	0.502002	0.38976	0.265442	0.377612
114	15	20	20	494	165271	0.018444	-1.214936	0.498972	0.432867	0.365831	0.439231
115	15	50	10	338	166685	0.009532	-1.111906	0.503969	0.428015	0.571385	0.488958
116	15	50	25	286	161399	0.006954	-1.077815	0.504877	0.446154	0.703064	0.528047
117	15	50	50	228	156457	0.013543	-1.015871	0.517279	0.463113	0.946313	0.617279
118	15	100	1	214	120597	-0.008091	-0.890978	0.535958	0.586167	0.969445	0.679364
119	15	100	10	172	137225	-0.002075	-0.910074	0.538528	0.529108	0.771443	0.618973
120	15	100	50	155	141932	-0.00301	-0.885711	0.53962	0.512956	0.712538	0.603013
121	15	100	100	125	132242	-0.02146	-0.788775	0.542174	0.546207	0.627926	0.591041
122	15	200	1	126	119555	-0.035684	-0.762963	0.543806	0.589743	0.630422	0.594624
123	15	200	20	109	129936	-0.030523	-0.773837	0.537033	0.55412	0.590527	0.571949
124	15	200	100	94	129365	-0.034936	-0.706082	0.541425	0.55608	0.559298	0.574951
125	15	200	200	79	125240	-0.029943	-0.633262	0.519643	0.570235	0.531205	0.584477
126	20	10	10	958	183047	0.005665	-1.410946	0.491063	0.371868	0.176728	0.307926
127	20	20	10	570	170576	0.01634	-1.249111	0.49278	0.414663	0.311276	0.405587
128	20	20	20	428	160220	0.016662	-1.171137	0.521912	0.4502	0.431506	0.480587
129	20	50	10	308	155995	0.011152	-1.077259	0.519202	0.464698	0.640605	0.538987
130	20	50	25	236	146632	0.009556	-1.014274	0.525794	0.496828	0.90321	0.622739
131	20	50	50	210	152949	0.008958	-1.002886	0.507644	0.475151	0.946313	0.612081
132	20	100	1	219	134265	-0.015134	-0.951785	0.522579	0.539265	1.0	0.632976
133	20	100	10	174	148987	-0.016975	-0.942818	0.519792	0.488746	0.77902	0.560259
134	20	100	50	136	137453	0.009162	-0.829291	0.531363	0.528326	0.656511	0.623825
135	20	100	100	128	146128	-0.007545	-0.835243	0.513685	0.498557	0.635472	0.56687
136	20	200	1	125	122218	-0.017682	-0.760904	0.537535	0.580605	0.627926	0.615529
137	20	200	20	108	133176	-0.010271	-0.76816	0.540319	0.543002	0.588337	0.602144
138	20	200	100	97	144250	-0.019206	-0.730415	0.515928	0.505001	0.565277	0.557909
139	20	200	200	76	126186	-0.017921	-0.60487	0.514787	0.566989	0.525922	0.603819
140	25	10	10	868	181534	0.000004	-1.421486	0.487733	0.37706	0.196422	0.301266
141	25	20	10	542	178216	0.012878	-1.263672	0.495156	0.388446	0.329372	0.390389
142	25	20	20	405	162690	0.013336	-1.165159	0.487075	0.441724	0.460304	0.457397
143	25	50	10	286	162469	0.012721	-1.097652	0.518432	0.442482	0.703064	0.540051
144	25	50	25	228	150706	-0.003883	-1.002503	0.526027	0.482847	0.946313	0.606144
145	25	50	50	193	147608	-0.000673	-0.9636	0.531733	0.493478	0.859184	0.60885
146	25	100	1	233	145592	-0.015001	-0.997099	0.506149	0.500396	0.918906	0.579472
147	25	100	10	176	152258	-0.007393	-0.946056	0.522329	0.477522	0.786747	0.573099
148	25	100	50	146	145543	-0.005469	-0.872177	0.534055	0.500564	0.684853	0.58676
149	25	100	100	123	138840	-0.020447	-0.828279	0.542018	0.523566	0.622995	0.573478
150	25	200	1	136	131983	-0.02416	-0.840484	0.52424	0.547096	0.656511	0.572204
151	25	200	20	112	137492	-0.023765	-0.785885	0.527498	0.528192	0.597196	0.564213
152	25	200	100	87	128691	-0.023698	-0.661931	0.533585	0.558393	0.545827	0.595101
153	25	200	200	77	128913	-0.024325	-0.655973	0.522407	0.557631	0.527671	0.584279
154	50	10	10	700	177002	-0.002853	-1.350335	0.503583	0.392612	0.248012	0.338097
155	50	20	10	408	163854	0.008229	-1.142983	0.5176	0.43773	0.456331	0.469324
156	50	20	20	310	151502	0.018107	-1.040804	0.496855	0.480116	0.635472	0.549703
157	50	50	10	235	158118	-0.003661	-1.01574	0.513938	0.457413	0.908382	0.57691
158	50	50	25	187	149747	0.008296	-0.932694	0.517838	0.486138	0.832143	0.611799
159	50	50	50	167	141937	0.003637	-0.875832	0.526436	0.512939	0.753131	0.61619
160	50	100	1	210	151061	-0.007137	-0.92458	0.516669	0.481629	0.946313	0.609758
161	50	100	10	150	144343	0.00451	-0.889821	0.517713	0.504682	0.696887	0.593941
162	50	100	50	126	138713	-0.007043	-0.799993	0.527393	0.524002	0.630422	0.593467
163	50	100	100	118	139410	-0.021084	-0.796754	0.512046	0.52161	0.610997	0.556931
164	50	200	1	108	129661	-0.014697	-0.744848	0.531609	0.555064	0.588337	0.599776
165	50	200	20	92	131028	-0.013772	-0.709153	0.512582	0.550373	0.555382	0.587531
166	50	200	100	78	126582	-0.017188	-0.618378	0.527103	0.56563	0.529432	0.609979
167	50	200	200	70	138267	-0.037549	-0.565226	0.510896	0.525532	0.515665	0.556266
168	5	10	10	2062	151790	<NA>	<NA>	0.50937	0.479128	0.079254	<NA>
169	5	20	10	1063	141618	<NA>	<NA>	0.506609	0.514033	0.158221	<NA>
170	5	20	20	814	152206	-0.000709	-1.365322	0.507109	0.4777	0.210496	0.371987

Cześć dalsza na następnej stronie

	<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>nieuzależnione</i>	<i>C_{NPMI}</i>	<i>C_{UIMass}</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
171	sbert-mean	5	50	10	471	138952	0.000868	-1.130295	0.505511	0.523182	0.386321	0.477082
172		5	50	25	379	139983	-0.001639	-1.084713	0.494324	0.519644	0.497863	0.496963
173		5	50	50	306	137669	-0.003767	-1.017147	0.498758	0.527584	0.645821	0.544155
174		5	100	1	290	108633	-0.018111	-0.918878	0.497524	0.627222	0.690818	0.594591
175		5	100	10	251	129211	-0.013141	-0.954817	0.495284	0.556608	0.832143	0.591617
176		5	100	50	189	130519	-0.003783	-0.898599	0.503671	0.55212	0.840965	0.6225
177		5	100	100	159	130629	-0.007971	-0.872295	0.505895	0.551742	0.725574	0.5977
178		5	200	1	165	111374	-0.030659	-0.75027	0.500668	0.617817	0.746048	0.616262
179		5	200	20	139	123059	-0.013293	-0.802768	0.507656	0.577719	0.664764	0.602784
180		5	200	100	101	120804	-0.023399	-0.703149	0.517328	0.585457	0.57345	0.595979
181		5	200	200	83	107442	-0.017263	-0.635676	0.477615	0.631309	0.538417	0.608526
182		10	10	10	1169	168708	<NA>	<NA>	0.52955	0.421073	0.143093	<NA>
183		10	20	10	701	166099	0.009478	-1.304003	0.526543	0.430026	0.247625	0.398028
184		10	20	20	508	151029	0.019059	-1.200534	0.515496	0.481739	0.354389	0.473099
185		10	50	10	330	144545	0.009746	-1.045022	0.524643	0.503989	0.588337	0.553313
186		10	50	25	279	145866	0.00692	-1.040963	0.523432	0.499456	0.725574	0.575648
187		10	50	50	227	141800	0.00594	-0.9946	0.521605	0.513409	0.951992	0.636077
188		10	100	1	266	134045	-0.009828	-0.993529	0.509918	0.54002	0.771443	0.577927
189		10	100	10	187	138033	-0.009465	-0.929001	0.530757	0.526335	0.832143	0.610183
190		10	100	50	161	134920	-0.009354	-0.892794	0.530192	0.537018	0.732273	0.600897
191		10	100	100	127	119106	0.00034	-0.803819	0.526855	0.591284	0.632937	0.635758
192		10	200	1	139	120987	-0.027124	-0.798574	0.532021	0.584829	0.664764	0.599352
193		10	200	20	115	127377	-0.017044	-0.77572	0.538161	0.562902	0.604018	0.600892
194		10	200	100	90	120954	-0.027383	-0.680709	0.531046	0.584942	0.55152	0.597375
195		10	200	200	80	122696	-0.016969	-0.649858	0.532764	0.578965	0.53299	0.614546
196		15	10	10	911	169715	0.011302	-1.404988	0.520672	0.417617	0.186493	0.35924
197		15	20	10	553	165919	0.013573	-1.242826	0.527083	0.430644	0.322018	0.432784
198		15	20	20	477	172864	0.012899	-1.202053	0.492086	0.406812	0.380758	0.419773
199		15	50	10	263	145584	0.005195	-1.015212	0.53529	0.500424	0.782864	0.597578
200		15	50	25	230	143620	0.01117	-0.983665	0.506829	0.507163	0.935156	0.631241
201		15	50	50	185	137601	0.009949	-0.906963	0.535008	0.527818	0.823503	0.647214
202		15	100	1	212	128240	-0.008928	-0.902179	0.531632	0.55994	0.957739	0.658695
203		15	100	10	161	134317	-0.0063	-0.867252	0.547262	0.539087	0.732273	0.622094
204		15	100	50	141	135507	0.001348	-0.868229	0.53577	0.535003	0.670383	0.612341
205		15	100	100	117	125059	-0.004974	-0.775309	0.541409	0.570856	0.608653	0.627047
206		15	200	1	118	118195	-0.025145	-0.747501	0.544113	0.59441	0.610997	0.612861
207		15	200	20	105	131870	-0.024191	-0.747462	0.522275	0.547484	0.581863	0.573438
208		15	200	100	93	126316	-0.028739	-0.709887	0.535143	0.566543	0.557333	0.584789
209		15	200	200	73	109413	-0.028086	-0.62067	0.487502	0.624546	0.520743	0.593146
210		20	10	10	857	180243	0.006865	-1.394537	0.506333	0.38149	0.199135	0.331461
211		20	20	10	515	164058	0.012868	-1.203758	0.507947	0.43703	0.348933	0.436207
212		20	20	20	403	161256	0.012204	-1.155702	0.503585	0.446645	0.46299	0.470259
213		20	50	10	276	159503	0.001073	-1.057047	0.511143	0.45266	0.735668	0.536254
214		20	50	25	226	151423	0.00654	-1.002191	0.534634	0.480387	0.957739	0.629522
215		20	50	50	190	146848	0.006128	-0.943538	0.54012	0.496086	0.845447	0.627108
216		20	100	1	212	133421	-0.015537	-0.926437	0.522865	0.542162	0.957739	0.629835
217		20	100	10	157	140080	-0.009146	-0.861752	0.543729	0.519311	0.718997	0.604538
218		20	100	50	130	137358	-0.003784	-0.81333	0.542715	0.528652	0.640605	0.609728
219		20	100	100	121	137663	-0.003855	-0.797132	0.544326	0.527605	0.618139	0.608517
220		20	200	1	113	120357	-0.024142	-0.745316	0.544192	0.586991	0.599453	0.609107
221		20	200	20	95	130397	-0.028194	-0.711307	0.545818	0.552538	0.561277	0.586272
222		20	200	100	90	136364	-0.024043	-0.688598	0.548641	0.532063	0.55152	0.587618
223		20	200	200	78	136895	-0.029588	-0.667461	0.528037	0.53024	0.529432	0.564765
224		25	10	10	833	183217	0.000698	-1.394743	0.515645	0.371285	0.20532	0.323744
225		25	20	10	449	163364	0.005993	-1.176527	0.523757	0.439411	0.40819	0.453581
226		25	20	20	378	172827	0.009276	-1.142997	0.513209	0.406939	0.49943	0.463278
227		25	50	10	247	161544	0.002906	-1.038343	0.533239	0.445657	0.849977	0.577131
228		25	50	25	199	143580	0.001608	-0.96271	0.521129	0.507301	0.888042	0.618696
229		25	50	50	174	141633	0.007016	-0.898644	0.539334	0.513982	0.77902	0.630989
230		25	100	1	206	133544	-0.00663	-0.926435	0.528036	0.541739	0.924259	0.640095
231		25	100	10	147	138892	0.003255	-0.831715	0.540899	0.523388	0.687823	0.623948
232		25	100	50	131	140410	-0.01132	-0.820205	0.53808	0.518179	0.643202	0.589158
233		25	100	100	119	137525	-0.007953	-0.778318	0.534237	0.528079	0.61336	0.598636
234		25	200	1	115	125776	-0.016074	-0.789698	0.529935	0.568396	0.604018	0.597275
235		25	200	20	97	137134	-0.026744	-0.698613	0.537991	0.52942	0.565277	0.576536
236		25	200	100	87	135798	-0.017308	-0.664006	0.539412	0.534005	0.545827	0.597338
237		25	200	200	73	138228	-0.036394	-0.629199	0.540023	0.525666	0.520743	0.56455

Część dalsza na następnej stronie

	<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_{NPMI}</i>	<i>C_{UIMass}</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
238		50	10	10	558	164104	-0.007573	-1.24868	0.528156	0.436872	0.318782	0.400369
239		50	20	10	379	171290	0.006364	-1.15826	0.5189	0.412213	0.497863	0.461171
240		50	20	20	298	165434	0.017256	-1.099076	0.504927	0.432308	0.667562	0.526729
241		50	50	10	212	160138	0.006898	-0.999586	0.529543	0.450481	0.957739	0.613771
242		50	50	25	188	150770	0.000106	-0.952117	0.523097	0.482628	0.836531	0.597326
243		50	50	50	153	140178	0.000398	-0.865953	0.531453	0.518975	0.706194	0.60881
244		50	100	1	176	142572	-0.01256	-0.913498	0.514488	0.51076	0.786747	0.581589
245		50	100	10	141	147985	-0.012607	-0.861278	0.530701	0.492185	0.670383	0.568422
246		50	100	50	121	141473	-0.008413	-0.798027	0.527492	0.514531	0.618139	0.584757
247		50	100	100	103	139900	-0.008619	-0.741938	0.531248	0.519929	0.577626	0.591521
248	sbert-mean	50	200	1	113	137859	-0.029597	-0.751167	0.526793	0.526932	0.599453	0.561006
249		50	200	20	89	140266	-0.023045	-0.695449	0.524515	0.518673	0.549609	0.566691
250		50	200	100	74	141328	-0.030212	-0.634995	0.522393	0.515028	0.522458	0.558163
251		50	200	200	63	123133	-0.027103	-0.571629	0.483365	0.577465	0.504192	0.576603
252	sbert-tf-idf-weighted	5	10	10	1968	161481	<NA>	<NA>	0.415048	0.445873	0.083159	<NA>
253		5	20	10	1132	159361	<NA>	<NA>	0.410755	0.453148	0.148033	<NA>
254		5	20	20	857	159629	0.017072	-1.383459	0.405068	0.452228	0.199135	0.32108
255		5	50	10	506	142757	0.003639	-1.157548	0.449954	0.510125	0.35598	0.430132
256		5	50	25	402	135303	0.003776	-1.113241	0.449683	0.535703	0.464346	0.473372
257		5	50	50	299	123437	-0.002385	-1.018079	0.435813	0.576422	0.664764	0.534411
258		5	100	1	340	115603	-0.015964	-0.979251	0.443785	0.603305	0.567298	0.516686
259		5	100	10	260	122547	-0.006639	-0.964743	0.447637	0.579476	0.794628	0.573844
260		5	100	50	188	107362	-0.000572	-0.87767	0.409188	0.631584	0.836531	0.609938
261		5	100	100	181	124859	-0.013474	-0.892079	0.444304	0.571542	0.806752	0.573789
262		5	200	1	196	114071	-0.016469	-0.848237	0.44595	0.608562	0.873375	0.609512
263		5	200	20	157	118879	-0.024374	-0.820929	0.455977	0.592063	0.718997	0.568024
264		5	200	100	134	115793	-0.024226	-0.776564	0.451151	0.602653	0.651122	0.564492
265		5	200	200	118	118964	-0.02543	-0.714361	0.452696	0.591771	0.610997	0.56209
266		10	10	10	1060	163933	<NA>	<NA>	0.451277	0.437459	0.158696	<NA>
267		10	20	10	635	160890	0.024065	-1.306707	0.455803	0.447901	0.276066	0.392279
268		10	20	20	465	150212	0.01655	-1.174812	0.4614	0.484543	0.392049	0.45041
269		10	50	10	316	146732	0.006602	-1.048054	0.461471	0.496484	0.620557	0.512628
270		10	50	25	260	134451	0.008347	-0.984392	0.487858	0.538627	0.794628	0.599865
271		10	50	50	227	137350	0.003936	-0.963969	0.481859	0.528679	0.951992	0.62166
272		10	100	1	243	125834	-0.009463	-0.910631	0.471238	0.568197	0.868593	0.604518
273		10	100	10	200	141507	-0.007479	-0.916799	0.481316	0.514414	0.893041	0.593081
274		10	100	50	174	134789	-0.013328	-0.886948	0.474034	0.537467	0.77902	0.571572
275		10	100	100	145	125287	0.007244	-0.808027	0.479741	0.570074	0.68191	0.61804
276		10	200	1	158	123628	-0.019612	-0.838976	0.466962	0.575767	0.722271	0.572079
277		10	200	20	126	121985	-0.009992	-0.760659	0.47716	0.581405	0.630422	0.592206
278		10	200	100	113	122553	-0.011805	-0.719502	0.47941	0.579455	0.599453	0.591204
279		10	200	200	107	127253	-0.01894	-0.744449	0.471357	0.563327	0.586163	0.559754
280		15	10	10	871	171902	0.018562	-1.404334	0.451802	0.410113	0.195695	0.327741
281		15	20	10	503	156945	0.014796	-1.224738	0.486899	0.461438	0.358392	0.435675
282		15	20	20	390	151173	0.020126	-1.137102	0.473525	0.481245	0.481249	0.488137
283		15	50	10	266	143514	0.008962	-1.012598	0.489245	0.507527	0.771443	0.577052
284		15	50	25	250	149099	0.003826	-0.985457	0.485257	0.488362	0.836531	0.576518
285		15	50	50	218	141563	0.0137	-0.95946	0.485127	0.514222	0.993736	0.642425
286		15	100	1	225	134190	-0.016901	-0.920005	0.486622	0.539523	0.963556	0.606883
287		15	100	10	172	136439	-0.010915	-0.879881	0.488524	0.531805	0.771443	0.581437
288		15	100	50	162	138939	0.003899	-0.880718	0.480055	0.523226	0.735668	0.588545
289		15	100	100	129	110520	-0.005776	-0.795735	0.440773	0.620747	0.638028	0.589791
290		15	200	1	144	131054	-0.014299	-0.787578	0.478341	0.550284	0.678991	0.576692
291		15	200	20	123	130088	-0.010784	-0.762819	0.480672	0.553599	0.622995	0.5783
292		15	200	100	102	106463	-0.00809	-0.72414	0.438954	0.634669	0.575531	0.592058
293		15	200	200	88	101417	-0.024067	-0.670215	0.437171	0.651984	0.547712	0.577751
294		20	10	10	790	180027	0.011586	-1.3588	0.456238	0.382232	0.21742	0.319776
295		20	20	10	468	166074	0.021657	-1.209229	0.485385	0.430112	0.389164	0.440921
296		20	20	20	383	163967	0.02638	-1.144501	0.481086	0.437342	0.491691	0.483408
297		20	50	10	252	151942	0.011924	-0.994134	0.478094	0.478606	0.827801	0.577225
298		20	50	25	230	152597	0.014203	-0.98774	0.477566	0.476358	0.935156	0.603414
299		20	50	50	202	147752	0.004465	-0.937438	0.48617	0.492984	0.90321	0.60359
300		20	100	1	209	133934	-0.007192	-0.899814	0.479741	0.540401	0.940701	0.617867
301		20	100	10	168	149785	-0.004095	-0.907482	0.484026	0.486008	0.756724	0.560206
302		20	100	50	152	144955	-0.001446	-0.871582	0.484377	0.502582	0.703064	0.567959
303		20	100	100	138	141721	-0.013109	-0.832797	0.481817	0.51368	0.66199	0.551553
304		20	200	1	137	132728	-0.019362	-0.820337	0.469469	0.54454	0.659239	0.549984

Cześć dalsza na następnej stronie

<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	C_{NPMI}	C_{UIMass}	s_c	s_f	s_T	<i>avg</i>	
305	20	200	20	125	144063	-0.02997	-0.818904	0.484628	0.505643	0.627926	0.51788	
306	20	200	100	107	135901	-0.025135	-0.723803	0.477284	0.533651	0.586163	0.543725	
307	20	200	200	82	114477	-0.019492	-0.653536	0.437565	0.607168	0.536596	0.565666	
308	25	10	10	730	179966	0.003264	-1.362927	0.474498	0.382441	0.236901	0.320843	
309	25	20	10	458	171939	0.007634	-1.201367	0.472446	0.409986	0.398951	0.40478	
310	25	20	20	367	163338	0.022993	-1.12275	0.471437	0.4395	0.517347	0.4827	
311	25	50	10	254	158325	0.008079	-1.00127	0.470131	0.456703	0.819251	0.552935	
312	25	50	25	200	133397	0.019476	-0.93329	0.435112	0.542244	0.893041	0.618092	
313	25	50	50	178	138650	0.007314	-0.894627	0.482902	0.524218	0.794628	0.605969	
314	25	100	1	209	141783	-0.007784	-0.886483	0.476989	0.513467	0.940701	0.605448	
315	25	100	10	165	150518	-0.002038	-0.866674	0.482458	0.483493	0.746048	0.567077	
316	25	100	50	134	133420	-0.003691	-0.804095	0.480109	0.542165	0.651122	0.582071	
317	25	100	100	124	134580	-0.010528	-0.780665	0.480576	0.538184	0.625451	0.568628	
318	25	200	1	139	136875	-0.024947	-0.802153	0.463408	0.530309	0.664764	0.535443	
319	25	200	20	122	141134	-0.01749	-0.793014	0.479548	0.515694	0.620557	0.543012	
320	25	200	100	103	132845	-0.0189	-0.732036	0.483095	0.544138	0.577626	0.558737	
321	25	200	200	82	113324	-0.023006	-0.664801	0.431947	0.611125	0.536596	0.556219	
322	50	10	10	585	181689	0.006133	-1.26227	0.448777	0.376528	0.302376	0.340445	
323	50	20	10	376	168016	0.014274	-1.133195	0.448009	0.423448	0.502595	0.441894	
324	50	20	20	275	160022	0.016047	-1.035602	0.4728	0.450879	0.739096	0.541183	
325	50	50	10	221	156477	0.008316	-0.96269	0.457167	0.463044	0.98755	0.591308	
326	50	50	25	193	148813	0.006433	-0.90645	0.481691	0.489343	0.859184	0.5991	
327	50	50	50	161	146163	0.00096	-0.86584	0.478267	0.498437	0.732273	0.573493	
328	50	100	1	186	141388	-0.012987	-0.898903	0.472251	0.514823	0.827801	0.568596	
329	50	100	10	155	157609	-0.004409	-0.873143	0.45529	0.45916	0.712538	0.527252	
330	50	100	50	123	133883	0.000273	-0.786108	0.456389	0.540576	0.622995	0.570889	
331	50	100	100	126	148312	-0.018515	-0.802641	0.474021	0.491063	0.630422	0.526896	
332	50	200	1	133	139418	-0.018889	-0.800258	0.467839	0.521583	0.64846	0.540828	
333	50	200	20	104	141072	-0.031387	-0.727412	0.478916	0.515907	0.579737	0.524423	
334	50	200	100	95	141034	-0.014069	-0.710322	0.472988	0.516037	0.561277	0.54824	
335	50	200	200	73	122407	-0.027672	-0.617629	0.426727	0.579956	0.520743	0.537002	
sbert-tf-idf-weighted	tfidf	5	10	10	3166	101038	<NA>	<NA>	0.45381	0.653285	0.051081	<NA>
		5	20	10	1990	99607	<NA>	<NA>	0.467308	0.658195	0.082211	<NA>
		5	20	20	1701	100783	<NA>	<NA>	0.460503	0.65416	0.096693	<NA>
		5	50	10	978	94076	0.05877	-1.516524	0.455425	0.677175	0.172877	0.490974
		5	50	25	897	96726	0.055837	-1.500601	0.466299	0.668082	0.189614	0.495282
		5	50	50	810	102580	0.051293	-1.472593	0.452693	0.647993	0.21162	0.480525
		5	100	1	603	86810	0.033566	-1.327447	0.440584	0.702109	0.292346	0.514596
		5	100	10	557	90334	0.03226	-1.329377	0.448147	0.690016	0.319424	0.516859
		5	100	50	492	94265	0.035333	-1.300197	0.454201	0.676527	0.367526	0.535087
		5	100	100	446	102057	0.025761	-1.249837	0.445977	0.649788	0.411365	0.521367
		5	200	1	321	87383	-0.003876	-1.09867	0.426681	0.700142	0.608653	0.555866
		5	200	20	305	90765	-0.003552	-1.075211	0.432622	0.688537	0.64846	0.567602
		5	200	100	267	90410	-0.000333	-1.05104	0.449118	0.689755	0.76771	0.613193
		5	200	200	247	98388	0.00234	-0.999097	0.446927	0.662378	0.849977	0.631001
		10	10	10	2521	108449	<NA>	<NA>	0.508614	0.627854	0.06447	<NA>
		10	20	10	1658	103430	<NA>	<NA>	0.518546	0.645077	0.099295	<NA>
		10	20	20	1428	103625	<NA>	<NA>	0.521132	0.644407	0.115994	<NA>
		10	50	10	880	98508	0.061903	-1.504924	0.514726	0.661967	0.193547	0.531661
		10	50	25	821	102868	0.059803	-1.485502	0.520171	0.647005	0.208559	0.531633
		10	50	50	735	105518	0.059081	-1.451335	0.518896	0.637912	0.235146	0.537743
		10	100	1	554	91551	0.036561	-1.349173	0.510707	0.68584	0.321365	0.556445
		10	100	10	498	95789	0.038323	-1.314232	0.517842	0.671297	0.362487	0.572378
		10	100	50	434	100864	0.03273	-1.273911	0.523001	0.653882	0.424577	0.579388
		10	100	100	387	104238	0.032125	-1.25054	0.520209	0.642304	0.485669	0.588803
		10	200	1	302	89854	0.008738	-1.145821	0.508998	0.691663	0.656511	0.623259
		10	200	20	267	83162	-0.001143	-1.102442	0.524122	0.714627	0.76771	0.658906
		10	200	100	243	88753	-0.001875	-1.077687	0.518183	0.695441	0.868593	0.671362
		10	200	200	223	98865	-0.000049	-1.024843	0.520619	0.660742	0.975406	0.692597
		15	10	10	2192	115298	<NA>	<NA>	0.544384	0.604351	0.074421	<NA>
		15	20	10	1490	109817	<NA>	<NA>	0.550517	0.623159	0.110964	<NA>
		15	20	20	1305	111618	<NA>	<NA>	0.547261	0.616979	0.127457	<NA>
		15	50	10	799	108555	0.061385	-1.472991	0.544334	0.62749	0.214771	0.543627
		15	50	25	728	110421	0.0594	-1.448304	0.544642	0.621087	0.237611	0.547269
		15	50	50	625	108128	0.062151	-1.388726	0.550834	0.628955	0.280955	0.579769
		15	100	1	534	102198	0.041362	-1.340262	0.539438	0.649304	0.334935	0.569437
		15	100	10	478	105028	0.039284	-1.316779	0.544692	0.639593	0.379846	0.57883

Cześć dalsza na następnej stronie

<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_{NPMI}</i>	<i>C_{UIMass}</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>	
372	15	100	50	420	107763	0.041534	-1.252489	0.54785	0.630208	0.441105	0.60544	
373	15	100	100	375	111247	0.034339	-1.219916	0.550417	0.618252	0.504192	0.609508	
374	15	200	1	292	96758	0.008896	-1.171991	0.536702	0.667972	0.684853	0.630353	
375	15	200	20	264	95836	0.01278	-1.137546	0.55543	0.671136	0.77902	0.675972	
376	15	200	100	234	98513	0.01048	-1.076712	0.555539	0.661949	0.913613	0.708267	
377	15	200	200	216	110945	-0.00111	-1.062336	0.551857	0.619289	0.98144	0.684811	
378	20	10	10	1975	124230	<NA>	<NA>	0.553054	0.573701	0.082855	<NA>	
379	20	20	10	1397	118391	<NA>	<NA>	0.557901	0.593737	0.118684	<NA>	
380	20	20	20	1209	117410	<NA>	<NA>	0.553166	0.597104	0.13811	<NA>	
381	20	50	10	743	115244	0.059737	-1.410138	0.551666	0.604536	0.23239	0.550771	
382	20	50	25	677	114138	0.061932	-1.412475	0.560328	0.608332	0.257263	0.566106	
383	20	50	50	597	115866	0.055943	-1.374371	0.557304	0.602402	0.295615	0.567354	
384	20	100	1	493	102837	0.041721	-1.296584	0.558392	0.647112	0.366676	0.595677	
385	20	100	10	438	106867	0.032338	-1.288118	0.562393	0.633282	0.42008	0.589512	
386	20	100	50	398	112509	0.038529	-1.247291	0.561592	0.613922	0.469847	0.608519	
387	20	100	100	361	120966	0.03024	-1.233165	0.560559	0.584901	0.527671	0.59611	
388	20	200	1	274	98092	0.007304	-1.120426	0.562831	0.663394	0.742555	0.663708	
389	20	200	20	246	97764	0.005174	-1.121195	0.568001	0.66452	0.854556	0.687386	
390	20	200	100	230	108758	0.004281	-1.079505	0.567878	0.626793	0.935156	0.693603	
391	20	200	200	198	115430	0.001559	-1.028834	0.57333	0.603898	0.883098	0.680853	
392	25	10	10	1807	129773	<NA>	<NA>	0.552661	0.55468	0.090825	<NA>	
393	25	20	10	1297	123019	<NA>	<NA>	0.559412	0.577856	0.128282	<NA>	
394	25	20	20	1129	124193	<NA>	<NA>	0.553363	0.573828	0.148449	<NA>	
395	25	50	10	695	117607	0.058978	-1.42478	0.560424	0.596428	0.249966	0.552006	
396	25	50	25	625	114894	0.057027	-1.386384	0.561965	0.605738	0.280955	0.568048	
397	25	50	50	568	116011	0.056419	-1.334068	0.568923	0.601905	0.312502	0.586322	
398	25	100	1	478	103220	0.039703	-1.271426	0.559923	0.645797	0.379846	0.6004	
399	25	100	10	413	109730	0.038738	-1.272958	0.560225	0.623458	0.449861	0.60322	
400	25	100	50	393	113148	0.039406	-1.236018	0.566516	0.611729	0.476909	0.61559	
401	25	100	100	354	120103	0.033873	-1.214002	0.558753	0.587863	0.540251	0.608601	
402	25	200	1	259	95946	0.008766	-1.0909	0.565838	0.670758	0.798629	0.68882	
403	25	200	20	253	108359	0.008029	-1.109637	0.570187	0.628163	0.823503	0.672308	
404	25	200	100	214	112895	-0.000344	-1.066058	0.56751	0.612597	0.969445	0.689229	
405	25	200	200	186	119478	0.004451	-0.990683	0.573647	0.590007	0.827801	0.675069	
406	50	10	10	1349	140105	<NA>	<NA>	0.558679	0.519225	0.123105	<NA>	
407	50	20	10	1006	137645	<NA>	<NA>	0.555245	0.527667	0.167758	<NA>	
408	50	20	20	845	134763	0.065496	-1.473921	0.571141	0.537556	0.20218	0.522376	
409	50	50	10	591	127922	0.057327	-1.367799	0.568478	0.561032	0.298957	0.559339	
410	50	50	25	561	131888	0.059886	-1.358351	0.573147	0.547422	0.316872	0.565656	
411	50	50	50	503	132865	0.054779	-1.310332	0.569056	0.544069	0.358392	0.571453	
412	50	100	1	437	121973	0.045862	-1.263999	0.563834	0.581446	0.421195	0.593292	
413	50	100	10	355	119510	0.026858	-1.213448	0.578947	0.589898	0.538417	0.610206	
414	50	100	50	333	127537	0.035784	-1.204483	0.569897	0.562353	0.581863	0.617343	
415	50	100	100	299	130917	0.030015	-1.171438	0.584974	0.550754	0.664764	0.635743	
416	50	200	1	243	119286	0.015693	-1.103904	0.565684	0.590666	0.868593	0.675319	
417	50	200	20	214	117626	0.001601	-1.06727	0.586052	0.596363	0.969445	0.695932	
418	50	200	100	188	123683	-0.00331	-1.013823	0.5885	0.575578	0.836531	0.662293	
419	50	200	200	164	129690	0.001625	-0.97861	0.592655	0.554965	0.742555	0.650323	
420	tfidf-spacy	5	50	10	947	91029	0.060636	-1.448668	0.516	0.687631	0.178921	0.550008
421		5	50	25	894	97191	0.057121	-1.452451	0.517428	0.666486	0.190296	0.537152
422		5	50	50	785	95429	0.054413	-1.407931	0.519252	0.672532	0.218921	0.551334
423		5	100	1	598	86577	0.033875	-1.317919	0.515155	0.702908	0.295065	0.563173
424		5	100	10	554	92231	0.035142	-1.30044	0.519712	0.683506	0.321365	0.568
425		5	100	50	487	94829	0.021934	-1.288324	0.519809	0.674591	0.371833	0.555641
426		5	100	100	432	101513	0.018106	-1.254391	0.530726	0.651655	0.426862	0.563733
427		5	200	1	333	89441	-0.005882	-1.12099	0.518145	0.69308	0.581863	0.594964
428		5	200	20	301	87265	-0.00066	-1.095707	0.528444	0.700547	0.659239	0.634283
429		5	200	100	263	92099	-0.012751	-1.037845	0.540909	0.683959	0.782864	0.651999
430		5	200	200	230	90279	-0.011319	-0.986443	0.532107	0.690205	0.935156	0.693896
431		10	10	10	2384	111531	<NA>	<NA>	0.553537	0.617278	0.068271	<NA>
432		10	20	10	1587	107137	<NA>	<NA>	0.566948	0.632356	0.103913	<NA>
433		10	20	20	1386	109689	<NA>	<NA>	0.56215	0.623599	0.119669	<NA>
434		10	50	10	839	103862	0.053419	-1.43723	0.57724	0.643594	0.203738	0.562771
435		10	50	25	764	103253	0.055905	-1.432806	0.575995	0.645684	0.225454	0.572421
436		10	50	50	682	107957	0.052951	-1.38998	0.578509	0.629542	0.255194	0.576333
437		10	100	1	544	94432	0.032833	-1.316256	0.575021	0.675954	0.32801	0.59273
438		10	100	10	500	97323	0.030881	-1.293115	0.576176	0.666033	0.360838	0.597129

Cześć dalsza na następnej stronie

	<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_NPMI</i>	<i>CUIMass</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
439		10	100	50	447	101234	0.033658	-1.254903	0.575181	0.652612	0.410301	0.612669
440		10	100	100	412	106260	0.032416	-1.26789	0.576591	0.635365	0.45114	0.609686
441		10	200	1	296	85807	0.003715	-1.131788	0.585024	0.705551	0.673228	0.673957
442		10	200	20	281	92037	0.001552	-1.125645	0.580644	0.684172	0.718997	0.668819
443		10	200	100	259	98974	-0.000306	-1.113691	0.585325	0.660368	0.798629	0.676828
444		10	200	200	228	104648	-0.003567	-1.076652	0.588968	0.640897	0.946313	0.703139
445		15	10	10	2049	119179	<NA>	<NA>	0.57777	0.591033	0.079772	<NA>
446		15	20	10	1414	114679	<NA>	<NA>	0.582602	0.606475	0.117194	<NA>
447		15	20	20	1231	113401	<NA>	<NA>	0.585144	0.610861	0.135514	<NA>
448		15	50	10	760	112260	0.05494	-1.42199	0.59175	0.614776	0.226743	0.568595
449		15	50	25	704	109677	0.057308	-1.398295	0.593675	0.62364	0.246471	0.58641
450		15	50	50	625	108184	0.050567	-1.339038	0.594368	0.628763	0.280955	0.597068
451		15	100	1	517	102312	0.040208	-1.300314	0.588612	0.648913	0.347405	0.607632
452		15	100	10	472	109949	0.034119	-1.2787	0.596848	0.622706	0.385383	0.602964
453		15	100	50	424	107108	0.028907	-1.248282	0.598711	0.632455	0.436253	0.616786
454		15	100	100	361	104723	0.030757	-1.189904	0.6026	0.64064	0.527671	0.656479
455		15	200	1	285	93689	-0.005208	-1.105123	0.603363	0.678503	0.706194	0.670389
456		15	200	20	258	96533	0.001098	-1.095438	0.610078	0.668744	0.80267	0.702365
457		15	200	100	229	95136	0.006032	-1.066039	0.611046	0.673538	0.940701	0.747907
458		15	200	200	214	106811	-0.004071	-1.044587	0.609889	0.633475	0.969445	0.722712
459		20	10	10	1795	122619	<NA>	<NA>	0.579404	0.579229	0.091453	<NA>
460		20	20	10	1316	120519	<NA>	<NA>	0.583161	0.586435	0.126341	<NA>
461		20	20	20	1130	118965	<NA>	<NA>	0.581084	0.591768	0.14831	<NA>
462		20	50	10	718	110459	0.053754	-1.392157	0.595679	0.620956	0.241224	0.580745
463		20	50	25	661	110827	0.053887	-1.387998	0.59632	0.619694	0.264116	0.5864
464		20	50	50	599	114948	0.051303	-1.355878	0.599992	0.605552	0.294517	0.590597
465		20	100	1	500	106795	0.02732	-1.304517	0.602705	0.63353	0.360838	0.590349
466		20	100	10	447	107348	0.030011	-1.271519	0.606758	0.631632	0.410301	0.613102
467		20	100	50	386	103489	0.032078	-1.216864	0.611403	0.644874	0.487161	0.652138
468		20	100	100	348	106281	0.035688	-1.20964	0.609671	0.635293	0.55152	0.66747
469		20	200	1	272	98557	0.002884	-1.121932	0.612199	0.661798	0.749573	0.687016
470		20	200	20	250	102428	-0.001492	-1.099269	0.605098	0.648515	0.836531	0.692262
471		20	200	100	235	107452	0.014718	-1.091873	0.609696	0.631275	0.908382	0.729857
472		20	200	200	196	105161	0.000276	-0.975468	0.625643	0.639137	0.873375	0.735047
473		25	10	10	1660	127234	<NA>	<NA>	0.58099	0.563392	0.099171	<NA>
474		25	20	10	1175	122966	<NA>	<NA>	0.587704	0.578038	0.142323	<NA>
475		25	20	20	1022	124843	<NA>	<NA>	0.59281	0.571597	0.164967	<NA>
476		25	50	10	664	114769	0.058092	-1.352548	0.600069	0.606166	0.262803	0.595839
477		25	50	25	635	117663	0.053047	-1.368949	0.601629	0.596236	0.276066	0.5837
478		25	50	50	559	116039	0.055702	-1.332191	0.606883	0.601808	0.318143	0.609729
479		25	100	1	477	111586	0.032882	-1.275265	0.601857	0.617089	0.380758	0.60112
480		25	100	10	408	109274	0.032928	-1.248729	0.617271	0.625023	0.456331	0.635274
481		25	100	50	374	113200	0.025757	-1.218744	0.616438	0.611551	0.5058	0.63325
482		25	100	100	335	113479	0.024942	-1.160572	0.618761	0.610593	0.577626	0.659321
483		25	200	1	258	100600	0.005448	-1.106355	0.615106	0.654788	0.80267	0.703906
484		25	200	20	237	106293	-0.008307	-1.069103	0.620099	0.635252	0.898097	0.703107
485		25	200	100	228	110548	-0.001595	-1.048639	0.624084	0.620651	0.946313	0.723774
486		25	200	200	189	110898	-0.009105	-0.982835	0.629731	0.61945	0.840965	0.70509
487		50	10	10	1190	133638	<NA>	<NA>	0.596984	0.541417	0.140433	<NA>
488		50	20	10	915	133954	0.062774	-1.44533	0.594588	0.540333	0.18562	0.535555
489		50	20	20	791	135820	0.065974	-1.425745	0.594173	0.533929	0.217123	0.547957
490		50	50	10	569	128053	0.050755	-1.322632	0.603149	0.560582	0.311888	0.58107
491		50	50	25	531	126283	0.04608	-1.310191	0.596966	0.566656	0.33707	0.580284
492		50	50	50	480	124467	0.0477	-1.279205	0.601201	0.572887	0.378036	0.602975
493		50	100	1	413	109847	0.031384	-1.22797	0.604387	0.623056	0.449861	0.626716
494		50	100	10	372	116821	0.03105	-1.204	0.614896	0.599125	0.509046	0.638683
495		50	100	50	342	121125	0.0328	-1.186613	0.610463	0.584356	0.563269	0.646825
496		50	100	100	297	124303	0.02275	-1.14934	0.61647	0.57345	0.670383	0.659052
497		50	200	1	238	110116	-0.003171	-1.088844	0.619293	0.622133	0.893041	0.69998
498		50	200	20	201	109524	-0.008779	-1.024885	0.622985	0.624165	0.898097	0.707575
499		50	200	100	184	110864	-0.001063	-1.015519	0.601459	0.619567	0.819251	0.690033
500		50	200	200	162	109458	0.000037	-0.968618	0.599397	0.624391	0.735668	0.684247
501	use-default	5	10	10	2320	168449	<NA>	<NA>	0.466671	0.421962	0.070205	<NA>
502	use-default	5	20	10	1185	157924	<NA>	<NA>	0.479868	0.458079	0.141057	<NA>
503	use-default	5	20	20	851	156391	0.02488	-1.364592	0.522414	0.463339	0.200646	0.414027
504	use-default	5	50	10	468	142916	0.018701	-1.169857	0.510296	0.509579	0.389164	0.495433
505	use-default	5	50	25	365	140735	0.016023	-1.119818	0.519945	0.517063	0.520743	0.537846

Cześć dalsza na następnej stronie

	<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_{NPMI}</i>	<i>C_{UMass}</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
506	use-default	5	50	50	305	142972	0.007535	-1.078651	0.489694	0.509387	0.64846	0.537153
507	use-default	5	100	1	344	134310	-0.005936	-1.017753	0.505103	0.539111	0.559298	0.531453
508	use-default	5	100	10	257	131986	-0.00568	-1.015307	0.531038	0.547086	0.806752	0.603913
509	use-default	5	100	50	189	126356	-0.001456	-0.914823	0.518422	0.566405	0.840965	0.638632
510	use-default	5	100	100	144	119373	-0.019442	-0.810732	0.534593	0.590368	0.678991	0.616494
511	use-default	5	200	1	160	120573	-0.024606	-0.829381	0.500087	0.58625	0.728908	0.592219
512	use-default	5	200	20	137	136954	-0.030553	-0.838304	0.539675	0.530038	0.659239	0.564424
513	use-default	5	200	100	101	122217	-0.026812	-0.737448	0.532735	0.580608	0.57345	0.590954
514	use-default	5	200	200	82	123587	-0.018039	-0.658449	0.540231	0.575907	0.536596	0.615045
515	use-default	10	10	10	1389	165258	<NA>	<NA>	0.529699	0.432912	0.119399	<NA>
516	use-default	10	20	10	764	155334	0.029315	-1.33291	0.53697	0.466966	0.225454	0.443059
517	use-default	10	20	20	600	162100	0.029473	-1.268828	0.507247	0.443749	0.293971	0.441456
518	use-default	10	50	10	345	141428	0.02015	-1.112526	0.547318	0.514685	0.557333	0.569161
519	use-default	10	50	25	321	153931	0.022468	-1.0938	0.542354	0.471781	0.608653	0.564616
520	use-default	10	50	50	265	148088	0.015925	-1.058498	0.54838	0.491831	0.775213	0.608884
521	use-default	10	100	1	265	129448	-0.011994	-0.993046	0.542098	0.555795	0.775213	0.602116
522	use-default	10	100	10	212	136431	0.001291	-0.981616	0.554693	0.531833	0.957739	0.660868
523	use-default	10	100	50	183	145104	-0.009313	-0.948721	0.56494	0.502071	0.815041	0.61261
524	use-default	10	100	100	145	133044	-0.000246	-0.864663	0.559382	0.543455	0.68191	0.631116
525	use-default	10	200	1	159	125213	-0.034201	-0.866549	0.544905	0.570328	0.725574	0.588736
526	use-default	10	200	20	124	133249	-0.021386	-0.809296	0.556595	0.542752	0.625451	0.593831
527	use-default	10	200	100	107	134423	-0.021696	-0.775764	0.552717	0.538723	0.586163	0.587345
528	use-default	10	200	200	87	122512	-0.033824	-0.729758	0.519085	0.579596	0.545827	0.566555
529	use-default	15	10	10	1180	176946	<NA>	<NA>	0.5137	0.392804	0.141687	<NA>
530	use-default	15	20	10	680	174619	0.027955	-1.300067	0.527218	0.400789	0.256017	0.417338
531	use-default	15	20	20	506	167956	0.028108	-1.223358	0.515634	0.423654	0.35598	0.456996
532	use-default	15	50	10	339	157403	0.017314	-1.123932	0.553747	0.459867	0.569334	0.543617
533	use-default	15	50	25	274	146213	0.029609	-1.060785	0.55319	0.498265	0.742555	0.629509
534	use-default	15	50	50	222	143338	0.01196	-1.004639	0.536927	0.508131	0.98144	0.656929
535	use-default	15	100	1	254	133453	-0.00333	-0.981528	0.560284	0.542052	0.819251	0.632335
536	use-default	15	100	10	197	151287	-0.009498	-0.973141	0.558047	0.480854	0.87821	0.606955
537	use-default	15	100	50	152	141350	-0.008643	-0.896852	0.54508	0.514953	0.703064	0.594003
538	use-default	15	100	100	118	131381	-0.005113	-0.807869	0.564479	0.549162	0.610997	0.625046
539	use-default	15	200	1	151	139021	-0.02253	-0.83505	0.564947	0.522945	0.699962	0.598669
540	use-default	15	200	20	113	133308	-0.019598	-0.787433	0.544512	0.542549	0.599453	0.588043
541	use-default	15	200	100	76	115413	-0.028001	-0.662332	0.553753	0.603957	0.525922	0.617074
542	use-default	15	200	200	69	120247	-0.029517	-0.692528	0.530118	0.587369	0.513994	0.584283
543	use-default	20	10	10	1013	179619	<NA>	<NA>	0.523288	0.383632	0.166525	<NA>
544	use-default	20	20	10	637	176330	0.023956	-1.283225	0.519576	0.394918	0.275109	0.410837
545	use-default	20	20	20	471	169874	0.024759	-1.220241	0.527622	0.417072	0.386321	0.462851
546	use-default	20	50	10	297	150140	0.018094	-1.074398	0.54034	0.48479	0.670383	0.579087
547	use-default	20	50	25	252	151859	0.019712	-1.057925	0.537456	0.478891	0.827801	0.613606
548	use-default	20	50	50	206	139269	0.022154	-1.008647	0.51587	0.522094	0.924259	0.654172
549	use-default	20	100	1	224	132618	-0.00111	-0.935898	0.563953	0.544917	0.969445	0.679963
550	use-default	20	100	10	183	143406	-0.000736	-0.941542	0.538974	0.507898	0.815041	0.614745
551	use-default	20	100	50	147	144270	-0.003884	-0.885479	0.542474	0.504933	0.687823	0.594485
552	use-default	20	100	100	117	138515	-0.009844	-0.839534	0.545129	0.524681	0.608653	0.58778
553	use-default	20	200	1	130	135011	-0.021521	-0.791714	0.569486	0.536705	0.640605	0.605267
554	use-default	20	200	20	96	133322	-0.030984	-0.758461	0.560012	0.542501	0.563269	0.577058
555	use-default	20	200	100	84	128551	-0.023166	-0.734391	0.531204	0.558873	0.540251	0.579511
556	use-default	20	200	200	69	133987	-0.027396	-0.665285	0.544327	0.540219	0.513994	0.579948
557	use-default	25	10	10	887	169188	0.018895	-1.374811	0.552991	0.419426	0.191908	0.39894
558	use-default	25	20	10	584	174485	0.024526	-1.266757	0.535435	0.401249	0.302954	0.43336
559	use-default	25	20	20	443	171477	0.023289	-1.213455	0.556002	0.411571	0.414591	0.482461
560	use-default	25	50	10	296	161660	0.011177	-1.085175	0.560923	0.445258	0.673228	0.560773
561	use-default	25	50	25	247	159372	0.015206	-1.027693	0.562937	0.45311	0.849977	0.6205
562	use-default	25	50	50	194	156936	0.002287	-0.960511	0.547809	0.461469	0.863863	0.610264
563	use-default	25	100	1	241	147647	-0.009446	-1.001422	0.56355	0.493345	0.87821	0.610639
564	use-default	25	100	10	182	158373	0.00155	-0.970212	0.56613	0.456538	0.810875	0.604888
565	use-default	25	100	50	134	152094	-0.011038	-0.864216	0.551323	0.478085	0.651122	0.572368
566	use-default	25	100	100	94	100965	-0.004058	-0.725925	0.529752	0.653535	0.559298	0.658612
567	use-default	25	200	1	126	142258	-0.022349	-0.796458	0.570383	0.511837	0.630422	0.589982
568	use-default	25	200	20	96	142719	-0.028336	-0.782228	0.569352	0.510255	0.563269	0.567575
569	use-default	25	200	100	74	134411	-0.031966	-0.644662	0.569397	0.538764	0.522458	0.592917
570	use-default	25	200	200	57	111451	-0.023053	-0.595884	0.541551	0.617552	0.494758	0.630206
571	use-default	50	10	10	718	175620	0.012703	-1.335991	0.557717	0.397354	0.241224	0.399598
572	use-default	50	20	10	456	170426	0.017652	-1.198582	0.529261	0.415178	0.400968	0.458796

Część dalsza na następnej stronie

<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_{NPMI}</i>	<i>C_{UIMass}</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>	
573	50	20	20	333	161560	0.025209	-1.115288	0.527791	0.445602	0.581863	0.53835	
574	50	50	10	253	164751	0.015634	-1.031613	0.536486	0.434652	0.823503	0.590303	
575	50	50	25	203	155720	0.018723	-0.980229	0.539434	0.465642	0.908382	0.63917	
576	50	50	50	169	148786	0.004296	-0.909294	0.54007	0.489436	0.760351	0.609769	
577	50	100	1	208	152129	-0.013022	-0.925017	0.550828	0.477964	0.935156	0.616889	
578	50	100	10	148	152389	-0.007788	-0.87046	0.548816	0.477072	0.690818	0.582778	
579	50	100	50	118	145672	-0.014018	-0.842469	0.545017	0.500122	0.610997	0.569618	
580	50	100	100	94	137878	-0.016206	-0.723658	0.559508	0.526867	0.559298	0.599315	
581	50	200	1	103	133034	-0.029068	-0.72066	0.533418	0.54349	0.577626	0.574805	
582	50	200	20	85	134429	-0.031436	-0.721084	0.542884	0.538703	0.542097	0.566964	
583	50	200	100	69	136933	-0.032247	-0.623039	0.561389	0.53011	0.513994	0.58603	
584	use-default	50	200	200	56	133085	-0.030497	-0.570177	0.547166	0.543315	0.493219	0.592151
585	use-lexrank-weighted	15	10	10	1023	165425	<NA>	<NA>	0.330886	0.432339	0.164795	<NA>
586	use-lexrank-weighted	15	20	10	642	163991	0.018805	-1.264545	0.331695	0.43726	0.272744	0.310999
587	use-lexrank-weighted	15	20	20	519	160937	0.021364	-1.23104	0.336013	0.447739	0.34589	0.344479
588	use-lexrank-weighted	15	50	10	316	152270	-0.003002	-1.060406	0.336296	0.477481	0.620557	0.409982
589	use-lexrank-weighted	15	50	25	265	144103	-0.004204	-1.023408	0.337584	0.505506	0.775213	0.461473
590	use-lexrank-weighted	15	50	50	243	153640	-0.001256	-1.008027	0.33377	0.472779	0.868593	0.471536
591	use-lexrank-weighted	15	100	1	248	140402	-0.015634	-0.971789	0.329293	0.518206	0.845447	0.468646
592	use-lexrank-weighted	15	100	10	197	147651	-0.02368	-0.930944	0.334367	0.493331	0.87821	0.462141
593	use-lexrank-weighted	15	100	50	161	146824	-0.022459	-0.878591	0.329011	0.496169	0.732273	0.441551
594	use-lexrank-weighted	15	100	100	146	147573	-0.028141	-0.865587	0.328594	0.493598	0.684853	0.423477
595	use-lexrank-weighted	15	200	1	139	137821	-0.041423	-0.774083	0.327587	0.527063	0.664764	0.430323
596	use-lexrank-weighted	15	200	20	108	140357	-0.040477	-0.690344	0.340477	0.51836	0.588337	0.435804
597	use-lexrank-weighted	15	200	100	101	140173	-0.035873	-0.678064	0.335609	0.518992	0.57345	0.439808
598	use-lexrank-weighted	15	200	200	87	144241	-0.048094	-0.612084	0.331279	0.505032	0.545827	0.418018
599	use-lexrank-weighted	20	10	10	958	170818	0.022026	-1.378811	0.328304	0.413833	0.176728	0.260982
600	use-lexrank-weighted	20	20	10	567	159346	0.023775	-1.222882	0.334849	0.453199	0.313119	0.344845
601	use-lexrank-weighted	20	20	20	477	163184	0.017073	-1.167922	0.334599	0.440029	0.380758	0.352739
602	use-lexrank-weighted	20	50	10	301	152277	0.004362	-1.048163	0.33648	0.477457	0.659239	0.432488
603	use-lexrank-weighted	20	50	25	251	147466	-0.002739	-1.009727	0.332166	0.493966	0.832143	0.469893
604	use-lexrank-weighted	20	50	50	237	154875	0.002521	-1.010326	0.324442	0.468541	0.898097	0.475788
605	use-lexrank-weighted	20	100	1	238	139242	-0.018091	-0.934869	0.33179	0.522187	0.893041	0.485217
606	use-lexrank-weighted	20	100	10	186	148863	-0.021342	-0.92502	0.337357	0.489172	0.827801	0.456341
607	use-lexrank-weighted	20	100	50	158	153003	-0.038305	-0.881903	0.336662	0.474965	0.722271	0.408142
608	use-lexrank-weighted	20	100	100	137	149190	-0.025195	-0.819534	0.332829	0.48805	0.659239	0.431782
609	use-lexrank-weighted	20	200	1	76	92109	-0.032449	-0.644458	0.368017	0.683925	0.525922	0.537308
610	use-lexrank-weighted	20	200	20	104	133346	-0.041497	-0.643222	0.326255	0.542419	0.579737	0.443899
611	use-lexrank-weighted	20	200	100	92	143438	-0.038581	-0.625082	0.332147	0.507788	0.555382	0.434651
612	use-lexrank-weighted	20	200	200	54	97341	-0.043668	-0.51362	0.356417	0.665971	0.490171	0.521743
613	use-lexrank-weighted	25	10	10	872	169783	0.011393	-1.357467	0.329873	0.417384	0.195454	0.2545
614	use-lexrank-weighted	25	20	10	564	168673	0.019681	-1.241359	0.329696	0.421193	0.314984	0.317213
615	use-lexrank-weighted	25	20	20	438	168791	0.01774	-1.168688	0.333442	0.420788	0.42008	0.35241
616	use-lexrank-weighted	25	50	10	280	157769	-0.00179	-1.034167	0.332564	0.458611	0.722271	0.427523
617	use-lexrank-weighted	25	50	25	257	159333	-0.001553	-1.017782	0.335742	0.453244	0.806752	0.448351
618	use-lexrank-weighted	25	50	50	220	160918	-0.007495	-0.986078	0.332763	0.447805	0.993736	0.480013
619	use-lexrank-weighted	25	100	1	236	146266	-0.017961	-0.955438	0.329165	0.498083	0.90321	0.470911
620	use-lexrank-weighted	25	100	10	189	153734	-0.021018	-0.906389	0.332999	0.472457	0.840965	0.452921
621	use-lexrank-weighted	25	100	50	160	156589	-0.025528	-0.882028	0.336723	0.46266	0.728908	0.42451
622	use-lexrank-weighted	25	100	100	136	153794	-0.013812	-0.830842	0.330455	0.472251	0.656511	0.438674
623	use-lexrank-weighted	25	200	1	126	142449	-0.038067	-0.720195	0.33171	0.511182	0.630422	0.434152
624	use-lexrank-weighted	25	200	20	70	101538	-0.047563	-0.631628	0.36951	0.651569	0.515665	0.49929
625	use-lexrank-weighted	25	200	100	55	95545	-0.023004	-0.53199	0.36783	0.672134	0.491691	0.5616
626	use-lexrank-weighted	25	200	200	55	97600	-0.027955	-0.531449	0.372323	0.665082	0.491691	0.553206
627	use-lexrank-weighted	50	10	10	723	178074	-0.002555	-1.329221	0.325627	0.388933	0.239404	0.231085
628	use-lexrank-weighted	50	20	10	476	175375	0.007818	-1.19016	0.329065	0.398195	0.381674	0.311106
629	use-lexrank-weighted	50	20	20	365	167032	0.01006	-1.123895	0.325632	0.426824	0.520743	0.367952
630	use-lexrank-weighted	50	50	10	253	164504	-0.015453	-1.019176	0.335705	0.435499	0.823503	0.421011
631	use-lexrank-weighted	50	50	25	226	163653	-0.009141	-0.991951	0.340264	0.438419	0.957739	0.468874
632	use-lexrank-weighted	50	50	50	185	158109	-0.00566	-0.931298	0.324667	0.457444	0.823503	0.457226
633	use-lexrank-weighted	50	100	1	206	142920	-0.023924	-0.88764	0.332761	0.509565	0.924259	0.486333
634	use-lexrank-weighted	50	100	10	175	160448	-0.034578	-0.882951	0.335354	0.449417	0.782864	0.414188
635	use-lexrank-weighted	50	100	50	91	101689	-0.02586	-0.752594	0.358808	0.651051	0.553444	0.512074
636	use-lexrank-weighted	50	100	100	128	151889	-0.013613	-0.776803	0.331064	0.478788	0.635472	0.448411
637	use-lexrank-weighted	50	200	1	72	89120	-0.032716	-0.614481	0.367129	0.694182	0.519039	0.545412
638	use-lexrank-weighted	50	200	20	100	147468	-0.043286	-0.66063	0.330891	0.493959	0.571385	0.416424
639	use-lexrank-weighted	50	200	100	91	147218	-0.036795	-0.619091	0.329852	0.494817	0.553444	0.43093

Cześć dalsza na następnej stronie

	<i>metoda</i>	<i>n_neigbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	<i>C_NPMI</i>	<i>C_UIMass</i>	<i>s_c</i>	<i>s_f</i>	<i>s_T</i>	<i>avg</i>
640		50	200	200	53	98796	-0.058009	-0.543208	0.36341	0.660978	0.488662	0.494508
641	use-mean	15	10	10	958	175245	0.019103	-1.438692	0.464127	0.398641	0.176728	0.320168
642		15	20	10	555	165079	0.028836	-1.247974	0.487542	0.433526	0.320716	0.433443
643		15	20	20	442	159221	0.029585	-1.185227	0.494534	0.453628	0.415677	0.480314
644		15	50	10	282	150523	0.015253	-1.061201	0.487622	0.483475	0.715753	0.554002
645		15	50	25	263	153819	0.018324	-1.067105	0.508028	0.472165	0.782864	0.579153
646		15	50	50	217	152398	0.013787	-0.98842	0.497423	0.477041	0.98755	0.626027
647		15	100	1	208	132104	-0.021174	-0.897138	0.520973	0.546681	0.935156	0.622592
648		15	100	10	174	141971	-0.008587	-0.910791	0.5172	0.512822	0.77902	0.589488
649		15	100	50	143	143597	-0.009883	-0.882199	0.511455	0.507242	0.676097	0.565195
650		15	100	100	117	131022	-0.007485	-0.773932	0.497289	0.550394	0.608653	0.587064
651		15	200	1	123	121192	-0.03146	-0.749446	0.519489	0.584126	0.622995	0.585143
652		15	200	20	102	137815	-0.026223	-0.732664	0.512211	0.527083	0.575531	0.556207
653		15	200	100	90	130367	-0.013407	-0.679958	0.498441	0.552641	0.55152	0.585419
654		15	200	200	77	129998	-0.024068	-0.618239	0.525614	0.553908	0.527671	0.592245
655		20	10	10	784	164685	0.009018	-1.367548	0.495911	0.434878	0.219223	0.362606
656		20	20	10	478	164395	0.019062	-1.258403	0.496304	0.435873	0.379846	0.434517
657		20	20	20	376	153545	0.017841	-1.165619	0.512386	0.473105	0.502595	0.503283
658		20	50	10	235	144317	0.004211	-1.011865	0.51843	0.504772	0.908382	0.614852
659		20	50	25	199	141705	0.00697	-0.960108	0.524066	0.513735	0.888042	0.632591
660		20	50	50	182	145783	-0.001994	-0.944647	0.520269	0.499741	0.810875	0.596127
661		20	100	1	203	140046	-0.010472	-0.924253	0.515985	0.519428	0.908382	0.613402
662		20	100	10	160	147992	-0.008999	-0.905126	0.512983	0.492161	0.728908	0.567304
663		20	100	50	125	137174	-0.019909	-0.818437	0.526795	0.529283	0.627926	0.570676
664		20	100	100	111	135007	-0.018277	-0.774082	0.518849	0.536719	0.594957	0.573549
665		20	200	1	112	135580	-0.025981	-0.767913	0.504862	0.534753	0.597196	0.553391
666		20	200	20	96	133089	-0.029903	-0.738664	0.525048	0.543301	0.563269	0.561771
667		20	200	100	83	131514	-0.018883	-0.660785	0.517354	0.548705	0.538417	0.587219
668		20	200	200	78	132808	-0.027793	-0.639549	0.518944	0.544265	0.529432	0.573995
669		25	10	10	766	175131	0.009808	-1.386577	0.487604	0.399032	0.224815	0.339852
670		25	20	10	488	174518	0.018237	-1.255675	0.485179	0.401136	0.370964	0.409123
671		25	20	20	373	159937	0.02235	-1.164389	0.518707	0.451171	0.507418	0.505571
672		25	50	10	239	155270	0.006545	-1.052481	0.514512	0.467186	0.888042	0.586804
673		25	50	25	220	155903	0.012411	-1.026313	0.515853	0.465014	0.993736	0.623432
674		25	50	50	178	148617	0.011232	-0.953074	0.525384	0.490016	0.794628	0.611041
675		25	100	1	187	135761	-0.004764	-0.913915	0.51723	0.534132	0.832143	0.616058
676		25	100	10	151	149069	-0.020582	-0.918708	0.527987	0.488465	0.699962	0.547299
677		25	100	50	125	141882	-0.006196	-0.80681	0.523966	0.513127	0.627926	0.585907
678		25	100	100	106	133781	-0.012331	-0.798739	0.521042	0.540926	0.584005	0.579318
679		25	200	1	110	129551	-0.034047	-0.760987	0.524244	0.555442	0.592734	0.56206
680		25	200	20	96	136410	-0.030458	-0.743628	0.523758	0.531905	0.563269	0.553893
681		25	200	100	85	132778	-0.01862	-0.714926	0.517486	0.544368	0.542097	0.57601
682		25	200	200	80	139601	-0.023266	-0.673978	0.507823	0.520955	0.53299	0.557906
683		50	10	10	608	175666	0.005115	-1.291664	0.513384	0.397196	0.289677	0.379165
684		50	20	10	374	166701	0.017103	-1.140997	0.511053	0.42796	0.5058	0.485985
685		50	20	20	311	173057	0.01947	-1.123456	0.505039	0.406149	0.632937	0.506324
686		50	50	10	191	152100	0.00962	-0.966977	0.523067	0.478064	0.849977	0.610512
687		50	50	25	184	155252	0.016095	-0.951954	0.51792	0.467248	0.819251	0.609297
688		50	50	50	154	152106	-0.003132	-0.892017	0.52599	0.478043	0.709352	0.5766
689		50	100	1	167	143391	-0.016205	-0.870554	0.514022	0.507949	0.753131	0.575374
690		50	100	10	127	148363	-0.009664	-0.852367	0.523707	0.490888	0.632937	0.562159
691		50	100	50	113	147445	-0.007884	-0.794519	0.522961	0.494038	0.599453	0.570182
692		50	100	100	92	133960	-0.013196	-0.704258	0.507672	0.540312	0.555382	0.581802
693		50	200	1	105	142084	-0.025025	-0.74005	0.51675	0.512434	0.581863	0.554067
694		50	200	20	85	139857	-0.024631	-0.708482	0.525409	0.520076	0.542097	0.561211
695		50	200	100	75	131566	-0.017854	-0.620422	0.508078	0.548527	0.524184	0.587988
696		50	200	200	65	136001	-0.021223	-0.562047	0.526139	0.533308	0.507418	0.59431
697	use-tf-idf-weighted	15	10	10	885	171557	0.03067	-1.413269	0.415449	0.411297	0.192373	0.323306
698		15	20	10	553	164910	0.039141	-1.255881	0.421988	0.434106	0.322018	0.409259
699		15	20	20	384	115783	0.060309	-1.107957	0.405599	0.602687	0.490171	0.575042
700		15	50	10	302	158141	0.042185	-1.063797	0.424349	0.457334	0.656511	0.534016
701		15	50	25	262	153966	0.035185	-1.044705	0.425833	0.471661	0.786747	0.561358
702		15	50	50	189	102069	0.03445	-0.924577	0.406667	0.649747	0.840965	0.665089
703		15	100	1	237	136939	0.015539	-0.927762	0.416192	0.530089	0.898097	0.596803
704		15	100	10	185	150470	0.018612	-0.946018	0.419739	0.483657	0.823503	0.563315
705		15	100	50	135	100334	0.007714	-0.83547	0.408182	0.655701	0.653806	0.603445

Część dalsza na następnej stronie

<i>metoda</i>	<i>n_neighbors</i>	<i>min_cluster_size</i>	<i>min_samples</i>	<i>liczba tematów</i>	<i>niezależność</i>	C_{NPMI}	C_{UIMass}	s_c	s_f	s_T	<i>avg</i>	
706	15	100	100	151	151837	0.005138	-0.887165	0.415666	0.478966	0.699962	0.522322	
707	15	200	1	145	135884	-0.005772	-0.830758	0.409457	0.53371	0.68191	0.533238	
708	15	200	20	104	98222	-0.017739	-0.779094	0.412853	0.662948	0.579737	0.56387	
709	15	200	100	115	150136	-0.009418	-0.775531	0.412209	0.484803	0.604018	0.500843	
710	15	200	200	74	101980	-0.028916	-0.601129	0.404531	0.650052	0.522458	0.557287	
711	20	10	10	765	173416	0.028502	-1.340713	0.441064	0.404917	0.225134	0.353404	
712	20	20	10	492	173609	0.038992	-1.210312	0.405737	0.404255	0.367526	0.403856	
713	20	20	20	404	165925	0.034914	-1.159203	0.409231	0.430623	0.461643	0.441263	
714	20	50	10	270	160523	0.022314	-1.036212	0.411122	0.44916	0.756724	0.51664	
715	20	50	25	220	117088	0.037379	-0.990681	0.394542	0.598209	0.993736	0.658149	
716	20	50	50	185	112144	0.040205	-0.923656	0.40796	0.615174	0.823503	0.655768	
717	20	100	1	236	158101	0.01398	-0.954402	0.409972	0.457471	0.90321	0.553051	
718	20	100	10	167	147824	0.005627	-0.889043	0.437089	0.492737	0.753131	0.553292	
719	20	100	50	129	109917	0.005454	-0.831152	0.407523	0.622816	0.638028	0.581797	
720	20	100	100	148	160908	-0.006538	-0.890902	0.412629	0.447839	0.690818	0.484684	
721	20	200	1	139	147795	-0.012519	-0.804164	0.437413	0.492837	0.664764	0.522092	
722	20	200	20	122	149461	-0.016573	-0.77943	0.427672	0.48712	0.620557	0.502487	
723	20	200	100	103	152316	-0.023428	-0.710435	0.41573	0.477323	0.577626	0.484	
724	20	200	200	66	97572	-0.011102	-0.557087	0.417636	0.665179	0.509046	0.606645	
725	25	10	10	712	174350	0.018373	-1.33895	0.428215	0.401712	0.243445	0.331989	
726	25	20	10	446	171359	0.03197	-1.183614	0.426501	0.411976	0.411365	0.423103	
727	25	20	20	369	175167	0.034026	-1.141406	0.415393	0.398909	0.513994	0.443481	
728	25	50	10	256	164561	0.038464	-1.034456	0.421904	0.435304	0.810875	0.554627	
729	25	50	25	228	165966	0.032812	-1.021435	0.440816	0.430482	0.946313	0.58585	
730	25	50	50	217	165202	0.029758	-1.0296	0.414241	0.433104	0.98755	0.573095	
731	25	100	1	234	154425	0.005268	-0.952551	0.431517	0.470086	0.913613	0.560431	
732	25	100	10	169	156682	0.004887	-0.926931	0.435274	0.462341	0.760351	0.531203	
733	25	100	50	128	116210	0.008589	-0.835536	0.409082	0.601222	0.635472	0.576489	
734	25	100	100	114	113571	0.007244	-0.784977	0.405401	0.610277	0.601727	0.578935	
735	25	200	1	138	149968	-0.013736	-0.813546	0.432585	0.48538	0.66199	0.511366	
736	25	200	20	111	151739	-0.010327	-0.760294	0.44039	0.479303	0.594957	0.515008	
737	25	200	100	84	111695	-0.009937	-0.674174	0.406921	0.616715	0.540251	0.563625	
738	25	200	200	70	108385	-0.004696	-0.607099	0.400735	0.628073	0.515665	0.581362	
739	50	10	10	594	186382	0.007588	-1.312987	0.39878	0.360424	0.297277	0.294119	
740	50	20	10	374	182116	0.027698	-1.158585	0.39487	0.375063	0.5058	0.404793	
741	50	20	20	303	174001	0.033638	-1.109949	0.407432	0.40291	0.653806	0.475425	
742	50	50	10	232	170469	0.028796	-1.01613	0.41462	0.41503	0.924259	0.55274	
743	50	50	25	202	165660	0.017733	-0.977179	0.42496	0.431532	0.90321	0.551873	
744	50	50	50	162	123702	0.034107	-0.90857	0.394672	0.575513	0.735668	0.604046	
745	50	100	1	204	155384	0.008836	-0.883832	0.417021	0.466795	0.913613	0.569193	
746	50	100	10	152	162530	0.00081	-0.869562	0.417638	0.442273	0.703064	0.503741	
747	50	100	50	115	119455	0.009238	-0.812233	0.407271	0.590086	0.604018	0.569206	
748	50	100	100	106	116891	0.010313	-0.727551	0.39952	0.598885	0.584005	0.582474	
749	50	200	1	127	155531	-0.008292	-0.774104	0.413795	0.46629	0.632937	0.501487	
750	50	200	20	101	157280	-0.01806	-0.75559	0.419083	0.460289	0.57345	0.477234	
751	50	200	100	76	110065	-0.001718	-0.624436	0.407925	0.622308	0.525922	0.586684	
752	use-tf-idf-weighted	50	200	200	70	109918	-0.003687	-0.612194	0.402981	0.622813	0.515665	0.580948