Politechnika Warszawska
Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych

Automatyczna kategoryzacja tematyczna tekstów przy użyciu metryk w przestrzeni ciągów znaków

Natalia Potocka

Warszawa, 21.04.2014

Plan działania

- Cel pracy
- O metrykach słów kilka
- Postęp prac
- Co dalej?

Cel pracy

Celem pracy jest skategoryzowanie tekstów z polskiej Wikipedii pod względem tematu na podstawie liczności słów występujących w tekście. Można się spodziewać, że jeśli w dwóch tekstach występuje dużo podobnych do siebie słów, to pochodzą one z tej samej kategorii tematycznej.

Cel pracy

Celem pracy jest skategoryzowanie tekstów z polskiej Wikipedii pod względem tematu na podstawie liczności słów występujących w tekście. Można się spodziewać, że jeśli w dwóch tekstach występuje dużo podobnych do siebie słów, to pochodzą one z tej samej kategorii tematycznej.

A		B		C		D	
całka	10	całka	5	niewłaściwy	3	ułamek	4
pochodna	5	pochodna	15	powieść	7	mianownik	5
niewłaściwa	4	granica	7	granica	15	niewłaściwy	6

Cel pracy

Co ze słowami podobnymi? Przykładowo słowa *niewłaściwy* i *niewłaściwa* mają ten sam temat, różnią się tylko rodzajem (męski / żeński). W tekstach mogą też występować błędy ortograficzne, błędy spowodowane brakami znaków diaktrycznych (*ą, ę, ł, ...*) itd. Takie słowa również chcielibyśmy traktować jak "podobne". W celu określenia jak bardzo dwa słowa są do siebie podobne, posłużą *metryki określone na napisach*.

Definicja

Napisem nazywamy skończone złączenie symboli (znaków) ze skończonego *alfabetu*, oznaczonego przez Σ. Produkt kartezjański rzędu q, $\Sigma \times \ldots \times \Sigma$ oznaczamy przez Σ^q, natomiast zbiór wszystkich skończonych napisów, które można utworzyć ze znaków z Σ oznaczamy przez Σ^*. *Pusty napis*, oznaczany ε, również należy do Σ^*. Napisy zwyczajowo będziemy oznaczać przez s, t oraz u, a ich *długość*, czyli liczbę znaków w napisie, przez $|s|$.

O metrykach słów kilka

Definicja

Napisem nazywamy skończone złączenie symboli (znaków) ze skończonego *alfabetu*, oznaczonego przez Σ. Produkt kartezjański rzędu q, $\Sigma \times \ldots \times \Sigma$ oznaczamy przez Σ^q, natomiast zbiór wszystkich skończonych napisów, które można utworzyć ze znaków z Σ oznaczamy przez Σ^*. *Pusty napis*, oznaczany ε, również należy do Σ^*. Napisy zwyczajowo będziemy oznaczać przez s, t oraz u, a ich *długość*, czyli liczbę znaków w napisie, przez $|s|$.

Przykład. Niech Σ będzie alfabetem złożonym z 26 małych liter alfabetu łacińskiego oraz niech $s =' ala'$. Wówczas mamy $|s| = 3$, $s \in \Sigma^3$ oraz $s \in \Sigma$. Pojedyncze znaki oznaczamy przez indeks dolny, stąd mamy $s_1 =' a'$, $s_2 =' l'$, $s_3 =' a'$. Podnapis oznaczamy przez $m : n$ w indeksie dolnym, np. $s_{1:2} =' al'$. Jeśli $n < m$, to $s_{m:n} = \varepsilon$, czyli napis pusty.

O metrykach słów kilka

Definicja

Funkcję d nazywamy *metryką* na Σ^*, jeśli ma poniższe własności:

- $d(s,t) \geq 0$
- $d(s,t) = 0$ wtw $s = t$
- $d(s,t) = d(t,s)$
- $d(s,u) \leq d(s,t) + d(t,u)$,

gdzie s, t, u są napisami.

O metrykach słów kilka

Definicja

Funkcję d nazywamy *metryką* na Σ^*, jeśli ma poniższe własności:

- $d(s,t) \geq 0$
- $d(s,t) = 0$ wtw $s = t$
- $d(s,t) = d(t,s)$
- $d(s,u) \leq d(s,t) + d(t,u)$,

gdzie s, t, u są napisami.

Nie wszystkie metryki na napisach posiadają wszystkie z wyżej wymienionych właśności.

O metrykach słów kilka

Definicja

Funkcję d nazywamy *metryką* na Σ^*, jeśli ma poniższe własności:

- $d(s,t) \geq 0$
- $d(s,t) = 0$ wtw $s = t$
- $d(s,t) = d(t,s)$
- $d(s,u) \leq d(s,t) + d(t,u)$,

gdzie s, t, u są napisami.

Nie wszystkie metryki na napisach posiadają wszystkie z wyżej wymienionych właśności.
Metryki na napisach można podzielić na trzy grupy:

- oparte na operacjach edytowania (*edit operations*)
- oparte na q-gramach
- miary heurystyczne

O metrykach słów kilka

Definicja

Funkcję d nazywamy *metryką* na Σ^*, jeśli ma poniższe własności:

- $d(s,t) \geq 0$
- $d(s,t) = 0$ wtw $s = t$
- $d(s,t) = d(t,s)$
- $d(s,u) \leq d(s,t) + d(t,u)$,

gdzie s, t, u są napisami.

Nie wszystkie metryki na napisach posiadają wszystkie z wyżej wymienionych właśności.
Metryki na napisach można podzielić na trzy grupy:

- **oparte na operacjach edytowania** (*edit operations*)
- oparte na q-gramach
- miary heurystyczne

Operacje edytowania

Metryki oparte na operacjach edytowania zliczają liczbę opercji potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi. Najczęściej wymieniamymi operacjami są:

- zamiana znaku, np. $'ala' \rightarrow' ela'$
- usunięcie znaku, np. $'ala' \rightarrow' aa'$
- wstawienie znaku, np. $'ala' \rightarrow' alka'$
- transpozycja dwóch przylegających znaków, np. $'ala' \rightarrow' laa'$

Przykładowe metryki: Hamminga, najdłuższego wspólnego podnapisu (*longest common substring*), Levenshteina, optymalnego dopasowania napisów (*optimal string alignment*), Damareu-Levenshteina.

Metryki oparte na operacjach edytowania

Metryka **najdłuższego wspólnego podnapisu**, ozn. d_{lcs}, zlicza liczbę usunięć i wstawień, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi.
Np. $d_{lsc}('leia', 'leela') = 3$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{us.\ l} lea \xrightarrow{wst.\ i} leia$.

Metryki oparte na operacjach edytowania

Metryka **najdłuższego wspólnego podnapisu**, ozn. d_{lcs}, zlicza liczbę usunięć i wstawień, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi.
Np. $d_{lsc}('leia',' leela') = 3$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{us.\ l} lea \xrightarrow{wst.\ i} leia$.
Uogólniona **odległość Levenshteina**, ozn. d_{lv} zlicza ważoną sumę usunięć, wstawień oraz zamian znaków, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi.

Metryki oparte na operacjach edytowania

Metryka **najdłuższego wspólnego podnapisu**, ozn. d_{lcs}, zlicza liczbę usunięć i wstawień, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi.
Np. $d_{lsc}('leia',' leela') = 3$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{us.\ l} lea \xrightarrow{wst.\ i} leia$.
Uogólniona **odległość Levenshteina**, ozn. d_{lv} zlicza ważoną sumę usunięć, wstawień oraz zamian znaków, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi.
Gdy za wagi przyjmuje się 1 mamy do czynienia ze zwykłą odległością Levenshteina, np.
$d_{lv}('leia',' leela') = 2$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{zm.\ l\ na\ i} leia$.

Metryki oparte na operacjach edytowania

Metryka **najdłuższego wspólnego podnapisu**, ozn. d_{lcs}, zlicza liczbę usunięć i wstawień, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi.
Np. $d_{lsc}('leia',' leela') = 3$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{us.\ l} lea \xrightarrow{wst.\ i} leia$.
Uogólniona **odległość Levenshteina**, ozn. d_{lv} zlicza ważoną sumę usunięć, wstawień oraz zamian znaków, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi.
Gdy za wagi przyjmuje się 1 mamy do czynienia ze zwykłą odległością Levenshteina, np.
$d_{lv}('leia',' leela') = 2$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{zm.\ l\ na\ i} leia$.
Gdy za wagi przyjmiemy np. $(0.1, 1, 1)$,
$d_{lv}('leia',' leela') = 1.1$, bo $leela \xrightarrow[0.1]{us.\ e} lela \xrightarrow[1]{zm.\ l\ na\ i} leia$

Metryki oparte na operacjach edytowania

Metryka **optymalnego dopasowania napisów**, ozn. d_{osa}, zlicza liczbę usunięć, wstawień, zamian oraz transpozycji przylegających znaków, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi. Np. $d_{osa}('leia','leela') = 2$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{zm.\ l\ na\ i} leia$.

Metryki oparte na operacjach edytowania

Metryka **optymalnego dopasowania napisów**, ozn. d_{osa}, zlicza liczbę usunięć, wstawień, zamian oraz transpozycji przylegających znaków, potrzebnych do przetworzenia jednego napisu w drugi. Np.
$d_{osa}('leia',' leela') = 2$, bo $leela \xrightarrow{us.\ e} lela \xrightarrow{zm.\ l\ na\ i} leia$.
Metryka ta nie spełnia nierówności trójkąta:
$2 = d_{osa}('ba',' ab') + d_{osa}('ab',' acb') \leq d_{osa}('ba',' acb') = 3$

Postępy prac

Co zostało zrobione?

- wczytano $1\ 075\ 568$ artykułów z polskiej Wikipedii

Postępy prac

Co zostało zrobione?

- wczytano $1\ 075\ 568$ artykułów z polskiej Wikipedii
- razem to $2\ 806\ 765$ różnych słów...

Postępy prac

Co zostało zrobione?

- wczytano $1\ 075\ 568$ artykułów z polskiej Wikipedii
- razem to $2\ 806\ 765$ różnych słów...
- ... z czego 49% wystąpiło tylko w **jednym** tekście
- ... a 44% wystąpiło tylko **jeden raz** we wszystkich tekstach

Postępy prac

Co zostało zrobione?

- wczytano $1\ 075\ 568$ artykułów z polskiej Wikipedii
- razem to $2\ 806\ 765$ różnych słów...
- ... z czego 49% wystąpiło tylko w **jednym** tekście
- ... a 44% wystąpiło tylko **jeden raz** we wszystkich tekstach

Po usunięciu tzw. *stopwords*, czyli słów nieistotnych w kontekście analizy, jak np. *a, bo, co, jak, to, w, z, że*, słów jednoliterowych oraz słów w językach obcych z niełacińskiego alfabetu, pozostało $2\ 805\ 858$ słów do analizy.

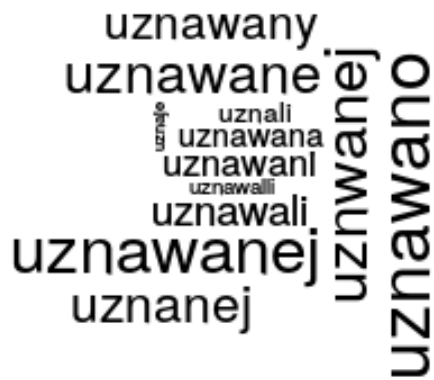
Postępy prac

Co zostało zrobione?

- wczytano $1\ 075\ 568$ artykułów z polskiej Wikipedii
- razem to $2\ 806\ 765$ różnych słów...
- ... z czego 49% wystąpiło tylko w **jednym** tekście
- ... a 44% wystąpiło tylko **jeden raz** we wszystkich tekstach

Po usunięciu tzw. *stopwords*, czyli słów nieistotnych w kontekście analizy, jak np. *a, bo, co, jak, to, w, z, że*, słów jednoliterowych oraz słów w językach obcych z niełacińskiego alfabetu, pozostało $2\ 805\ 858$ słów do analizy.
Początkową pomysł polegał na wykorzystaniu wcześniej wspomnianych metryk do klastrowania metodą k-medoidów, przy czym maksymalna odległość w klastrze miała nie przekraczać zadanej liczby.

Postępy prac



Rysunek : Przykładowe klastry utworzone przy pomocy metryki Levenshteina. Maksymalna odległość w klastrze to 7

Postępy prac

Rysunek : Przykładowe klastry utworzone przy pomocy metryki lcs. Maksymalna odległość w klastrze to 7

Postępy prac

Rysunek : Przykładowe klastry utworzone przy pomocy metryki osa. Maksymalna odległość w klastrze to 7

Postępy prac

Dziękuję za uwagę.