

Odpowiadanie na pytania w języku polskim



Piotr Przybyła

IPI PAN

3 czerwca 2013

Plan prezentacji

Motywacja

Zadanie

Istniejące rozwiązania

Analiza pytania



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



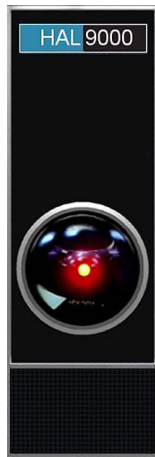
Project co-financed by European Union within the framework of European Social Fund

Odpowiadanie na pytania

(ang. Question Answering, QA, Q&A)

zdolność systemu komputerowego do komunikacji z użytkownikiem w jego języku naturalnym

- prawie nieograniczone zastosowania przy zadawaniu odpowiednich pytań (*Gdzie upadnie pocisk?*, *Czy jutro będzie padać?*),
- główne problemy w obszarze **przetwarzania języka naturalnego (NLP)** i **wyszukiwania informacji tekstowych (IR & IE)**,
- poszukiwana informacja uznawana za daną w **bazie wiedzy**,
- postrzegane jako oczywista przyszłość komputerów w kulturze popularnej.



Dlaczego?

Przetłumaczenie problemu na postać zrozumiałą dla komputera to znaczące obciążenie po stronie użytkownika.

PRZYKŁAD: **wyszukiwanie w sieci WWW:**

- **3 miliony** zapytań dziennie w wyszukiwarce Yandex.ru to pytania [11] (*Jak schudnąć?* to nr 1),
- **80%** użytkowników nigdy nie stosuje operatorów boole'owskich [4].
- konieczność przyswojenia nieintuicyjnych reguł, np. stosowanie słów kluczowych, które **nie** wystąpią na stronach, których **nie** poszukujemy.

Podobne zastosowania: zapytania do baz danych, systemy medyczne, obsługa klienta, etc.

⇒ Ułatwienie obsługi ważne dla walki z cyfrowym wykluczeniem.

Specyfikacja zadania

Odpowiadania na pytania

Zadanie automatycznego wydobywania zwięzłych odpowiedzi w **języku naturalnym**, na pytania sformułowane w **języku naturalnym**, opierając się na zbiorze tekstów w **języku naturalnym**.

- skupiamy się na rozumieniu języka (polskiego),
- trudny problem, zaliczany do klasy *AI-complete* [8].

Przykład

*Czy żołnierze 6. dywizji zabijali cywilów, zanim wzięto **ich** do niewoli?*

IBM Watson



Pytania

Pytania o proste fakty (ang. **factoids**), tj. pojedyncze byty: osoby, miejsca, nazwy, etc.

- bez rozumowania lub obliczeń (*Jaki jest największy kraj spośród tych, które wydają więcej niż 10% PKB na zbrojenia?*),
- poprawne składniowo pytania w języku polskim,
- odpowiedzi zawarte są (być może przeformułowane) w bazie wiedzy,
- nie oczekujemy definicji, wyjaśnień czy innych rozbudowanych odpowiedzi (*Czym jest globalne ocieplenie?*).

Niekoniecznie tylko byty nazwane (ang. **named entities**)!

„Jeden z dziesięciu”

- Jak nazywa się wzgórze w Paryżu na którym zbudowano bazylikę Sacré-Cœur?
- Kim zajmuje się wiktymologia?
- W którym kabarecie występuje Katarzyna Pakosińska?
- Która roślina w Inwokacji "Pana Tadeusza" Adama Mickiewicza pałała panieńskim rumieńcem?
- Jak nazywał się niemiecki teolog, który ogłosił 95 tez, krytykując sprzedawanie odpustów na rzecz budowy bazyliki Św. Piotra?
- Jak długo trwa prezydencja państwa w Unii Europejskiej?
- Co jest stolicą Tajwanu?

Baza wiedzy

Obszerna baza tekstów w języku polskim, ze wszystkich dziedzin wiedzy (ang. **open-domain**).

- sieć WWW wymaga specjalnego traktowania,
- oznakowane polskie korpusy - skromne jako zasób wiedzy,
- artykuły prasowe - dużo wiedzy, ograniczenia prawne.

Na początek: polska Wikipedia:

- ponad 900.000 artykułów, ok. 140M segmentów,
- fakty ze wszystkich dziedzin wiedzy,
- łatwy (technicznie i prawnie) dostęp,
- jakość języka pośrednia między prasą a WWW.

Przykład konfrontacji

Kiedy Albert Einstein opublikował **ogólną** teorię względności?

25 listopada 1915 r. Einstein opublikował swoją najważniejszą pracę: ogólną teorię względności.

Kiedy Albert Einstein opublikował **szczególną** teorię względności?

Rok 1905 jest określany jako Annus mirabilis (cudowny rok) Einsteina. Wtedy ten nieznany w środowisku fizyków szwajcarski urzędnik patentowy opublikował kilka prac przełomowych dla fizyki. Jego publikacja „Zur Elektrodynamik bewegter Körper” („O elektrodynamice ciał w ruchu”) wprowadza nową teorię, nazwaną później szczególną teorią względności, która ...

Odpowiedzi

Cztery poziomy udzielania odpowiedzi:

1. Wskazanie dokumentu zawierającego odpowiedź,
(*Wikipedia:Albert_Einstein*)
2. Fragment tekstu,
(jedno lub więcej zdań, jak w przykładzie)
3. Tylko oczekiwany byt,
(*25 listopada 1915 r.*)
4. Pełne zdanie. (*Albert Einstein opublikował ogólną teorię względności 25 listopada 1915 r.*)

Information Retrieval (**IR**) vs. Information Extraction (**IE**).

Ocena

- jak dotąd tylko jeden sposób,
- duży zbiór pytań, odpowiedzi i tekstów,
 - pytania - przygotowane **ręcznie**,
 - teksty - duża istniejąca kolekcja,
 - odpowiedzi - oceniane **ręcznie**

Dla angielskiego - Question Answering competition na Text REtrieval Conference (**TREC**) w latach 1999-2007.

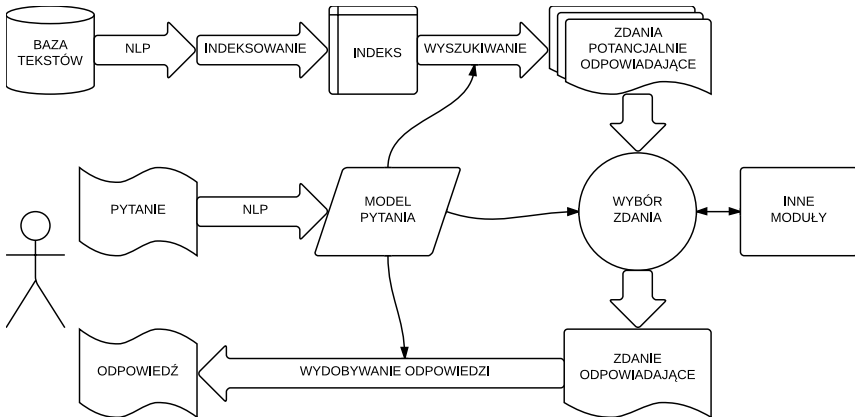
TREC2007 [1]: 445 pytań, 21 uczestników, najlepszy wynik **70%**.

269	Target: Pakistan earthquakes of October 2005	
269.1	FACTOID	On what date did this earthquake strike?
269.2	LIST	What countries were affected by this earthquake?
269.3	FACTOID	What was the final death toll from this earthquake?
269.4	FACTOID	What was the strength of this earthquake?
269.5	FACTOID	Where was the epicenter (latitude and longitude)?
269.6	LIST	What countries supplied aid?
269.7	OTHER	

Ocena dla języka polskiego

1. Korpus Wikipedii z 3 marca 2013, ~900.000 artykułów, oznakowany:
 - 1.1 struktura: własny skrypt Python + WikiExtractor
 - 1.2 analiza morfosyntaktyczna: Morfeusz SGJP 0.82
 - 1.3 tagowanie: PANTERA 0.9
 - 1.4 parsowanie powierzchniowe: Spejd 1.3.2
 - 1.5 byty nazwane: NERF 0.2
2. Pytania z teleturnieju "Jeden z dziesięciu"
 - 2.1 opublikowane w [6], po 15 pytań z 100 dziedzin,
 - 2.2 pytania uaktualnione, uproszczone i ujednolicone,
 - 2.3 odpowiedzi uaktualnione i skonfrontowane z Wikipedią,
 - 2.4 określone typ pytania, typ bytu i źródło wzorcowe,
3. zasady oceniania odpowiedzi pozostają do opracowania (wyrażenia regularne?).

Schemat typowego systemu QA



Strategie wyboru zdania

Jak wybrać zdanie o największym podobieństwie do pytania?

1. **Dopasowywanie wzorców** [9], bazujące na z góry ustalonym przekształceniu pytania na wzorec odpowiedzi (np. *Kto zabił Johna Kennedy'ego?* na $\langle NE:PERSON \rangle$ *zabił Johna Kennedy'ego.*),
2. **Dopasowywanie semantyczne** [3], używające semantycznego modelu, uwzględniającego zależności między znaczeniami słów w celu odnalezienia dopasowania (np. *Zabić*($\langle NE:PERSON \rangle$, "John F. Kennedy") jest spełnione przez *Być_zastrzelonym_przez*("John F. Kennedy", "Lee H. Oswald")),
3. **Podejście statystyczne** [5], stosujące narzędzi statystyczne do wyboru znaczących wystąpień słów wspólnych dla pytania i potencjalnej odpowiedzi.

Rozwiązania dla języka polskiego

Istnieje kilka systemów typu QA, ale żaden nie rozwiązuje zadania zdefiniowanego jak wyżej:

1. Duclaye et al. in 2002 [2] zaproponowali system odpowiadający na pytania z **ograniczonej dziedziny**: informacji handlowej.
2. Piechociński i Mykowiecka w 2005 [7] przedstawili rozwiązanie silnie bazujące na specyficznej **strukturze bazy tekstowej** (polska Wikipedia).
3. Walas et al. w 2012 [10] opublikowali kilka eksperymentów polegających na odpowiadaniu na pytania w oparciu o rozumowanie opierające się na zbiorze **faktów przygotowanych w bazie danych**.



RAFAEL

RAPid Factoidal Answer Extracting aLgorithm

- system odpowiadania na pytania bez ograniczeń dziedziny na podstawie tekstowej bazy wiedzy,
- opiera się na bazie narzędzi językowych opracowanych wokół NKJP,
- budowany dla celów badawczych – wielowariantowy,
- w budowie, moduł analizy pytania został zaimplementowany, przetestowany i udokumentowany:

1. **Przybyła, Piotr:** *Issues of Polish Question Answering*. In: Information technologies: research and their interdisciplinary applications, IPI PAN, Warszawa 2013,
2. **Przybyła, Piotr:** *Question classification for Polish question answering* In: Kłopotek, M. A. and Koronacki, J. and Marciniak, M. and Mykowiecka, A. and Wierzchoń, S. T. (eds): Proceedings of the 20th International Conference of Language Processing and Intelligent Information Systems (LP& IIS 2013), Warszawa 2013,
3. **Przybyła, Piotr:** *Question Analysis for Polish Question Answering*. In: Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Sofia, Bulgaria 2013.

Analiza pytania

Konwersja pytania (łańcucha tekstowego) do **modelu pytania**, który zawiera:

1. Typ pytania,

- 1.1 Ogólny typ pytania

Niezbędna dla przyjęcia odpowiedniej strategii przy odpowiadaniu,

- 1.2 Typ bytu nazwanego,

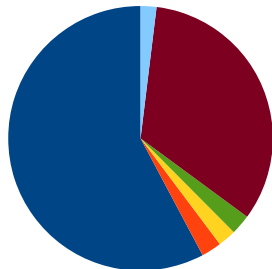
Ma zastosowanie, jeśli typ ogólny to pojedynczy byt nazwany, wskazuje typ oczekiwanej odpowiedzi,

2. Zapytanie do wyszukiwarki,

Wymagane ze względów wydajnościowych - pozwala wskazać dużą liczbę dokumentów potencjalnie zawierających odpowiedź, skierowanych do dalszej analizy.

Ogólny typ pytania

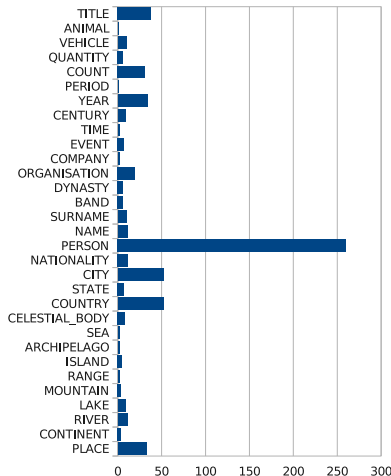
- **weryfikacja**
Czy Lee Oswald zabił Johna Kennedy'ego?
- **wybór** opcji
Który z nich zabił Johna Kennedy'ego: Lance Oswald czy Lee Oswald?
- byt **nazwany**
Kto zabił Johna Kennedy'ego?
- byt **"nienazwany"**
Czego użył Lee Oswald, żeby zabić Johna Kennedy'ego?
- **inna nazwa** danego bytu nazwanego
Jakiego pseudonimu używał John Kennedy w trakcie służby wojskowej?
- **wiele bytów** nazwanych
Którzy prezydenci Stanów Zjednoczonych zostali zabici w trakcie kadencji?



■ NAMED_ENTITY ■ WHICH
■ TRUEORFALSE ■ MULTIPLE
■ UNNAMED_ENTITY ■ OTHER_NAME

Typ bytu nazwanego

- miejsce
 - kontynent
 - rzeka
 - jezioro
 - łańcuch górski
 - góra
 - archipelag
 - wyspa
 - morze
 - ciało niebieskie
 - kraj
 - region
 - miejscowość
- organizacja
 - zespół
 - dynastia
 - firma
- wydarzenie
- data
 - wiek
 - rok
- wielkość
 - okres
 - liczba
- pojazd
- zwierzę
- tytuł utworu



Wybór typu pytania

Zadanie klasyfikacji hierarchicznej (byt nazwany → miejsce → morze).

1. Jednoznaczne schematy pytań (Kto? Kiedy? ...) – dopasowywanie wzorców,
 - *Kiedy rozpoczęto drugą wojnę światową?* – data,
 - Uwaga: *Kto wywołał drugą wojnę światową?* – naród, kraj, organizacja, osoba?
2. Niejednoznaczne schematy (Który? Jaki?) – wnioskowanie semantyczne, *Który holenderski postimpresjonista namalował "Słoneczniki"?*
3. Uniwersalny klasyfikator uczenia maszynowego zastosowany do odpowiednio dobranych cech.
Uwaga:
Który kompozytor stworzył symfonię "Jowiszową"?
Przez którego kompozytora została stworzona symfonia "Jowiszowa"?

Dopasowywanie wzorców

176 ręcznie opracowanych wzorców dla (prawie) jednoznacznych schematów:

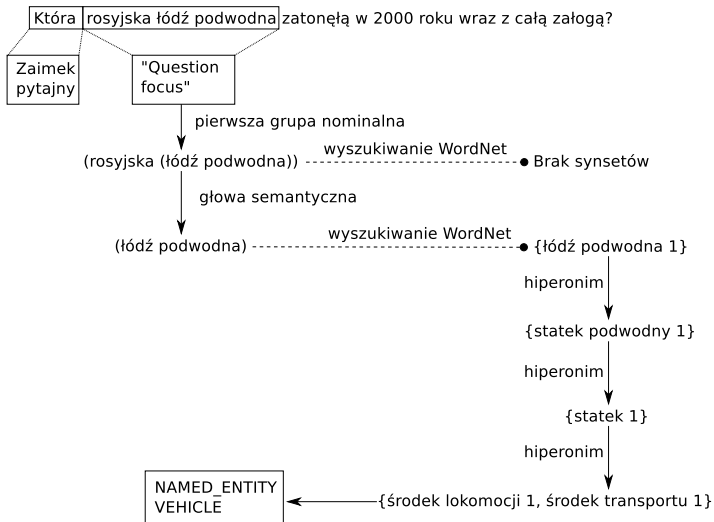
Wyrażenie regularne	Zbiór typów
<code>^Czy[,](.*)\?\$</code>	TRUEORFALSE
<code>^(.*)[,]czy[,](.*)\?\$</code>	WHICH
<code>^(.*)[,])?[Ii]le[,](.*)\?\$</code>	COUNT,PERIOD,QUANTITY
<code>^(.*)[,])?[Kk]omu[,](.*)\?\$</code>	PERSON,COUNTRY, COMPANY,BAND,...
<code>^W którym wieku[,](.*)\?\$</code>	CENTURY
<code>^Jak ma na imię[,](.*)\?\$</code>	NAME
<code>^(.*)[,])?[Kk]tórzy[,](.*)\?\$</code>	MULTIPLE
<code>^(.*)[,])?[Cc]o[,](?!jest).*)\?\$</code>	UNNAMED_ENTITY
<code>^()Co (jest)[,](.*)\?\$</code>	NAMED_ENTITY→
<code>^()(Jaki)[,](.*)\?\$</code>	NAMED_ENTITY→
<code>^(.+?[,])(któremu)[,](.*)\?\$</code>	NAMED_ENTITY→

Ujednoznacznianie z użyciem WordNetu

Staje się konieczne, gdy zostanie dopasowany wzorzec niejednoznaczny.

1. Interpretacja pytania (Morfeusz+PANTERA+Spejd),
2. Wybór pierwszej grupy nominalnej po zaimku,
3. Poszukiwanie odpowiadającego jej leksemu w plWordNet,
4. Pobranie listy hiperonimów odpowiedniego synsetu,
5. W zależności od zawartości listy:
 - 5.1 Jeśli zawiera synset kojarzony z typem bytu nazwanego XX, zwrócenie NAMED_ENTITY:XX,
 - 5.2 W przeciwnym wypadku zwrócenie UNNAMED_ENTITY.

Przykład



Problem

Jeden leksem może być kojarzony z kilkoma synsetami (problem ujednoznacznienia sensu słów).

- Każdy z synsetów odpowiadających znaczeniom posiada własną listę hiperonimów,
- Konieczne połączenie w jedną:
 - przecięcie – uwzględnienie hiperonimów wspólnych dla wszystkich znaczeń (*malarz*),
 - suma – uwzględnienie hiperonimów wynikających z którychkolwiek znaczeń (*król*),
 - głosowanie – uwzględnienie hiperonimów wynikających z większości znaczeń (*element*),
 - wybór pierwszego synsetu – często odpowiada najbardziej oczywistemu znaczeniu.

Uczenie maszynowe

Wybór cech:

- wystąpienie wyrazu tekstowego (4920/297 cech),
Którzy królowie rządili Polską w okresie zaborów?
- wystąpienie leksemu (3537/419 cech),
W którym mieście(miasto) odbyły się piąte igrzyska olimpijskie?
- wystąpienie interpretacji na pozycjach 1-5 (1975/322 cech),
Na którym przylądku(subst:sg:loc:m3) stoi latarnia Rozewie?

Zastosowane klasyfikatory:

- drzewa decyzyjne (pełne, przycinane, zatrzymywane),
Ze względu na czytelność rezultatów,
- naiwny klasyfikator bayesowski (z wygładzaniem Laplace'a i bez),
Bardzo popularny w klasyfikacji tekstów,
- lasy losowe,
Duża dokładność w klasyfikacji danych wielowymiarowych.

Wyniki

Wyniki klasyfikacji na zbiorze 1137 pytań (dla uczenia maszynowego 100-krotna walidacja krzyżowa):

Klasyfikator	Pełność	Dokładność	Iloczyn
dopasowywanie wzorców	36.15%	95.37%	34.48%
ujednoznacznianie WordNet	98.33%	84.35%	82.94%
drzewo decyzyjne	100%	67.02%	67.02%
las losowy	100%	72.91%	72.91%

Dokładności dla różnych technik łączenia listy hiperonimów:

przecięcie	suma	głosowanie	tylko pierwszy
72.00%	80.95%	79.07%	84.35%

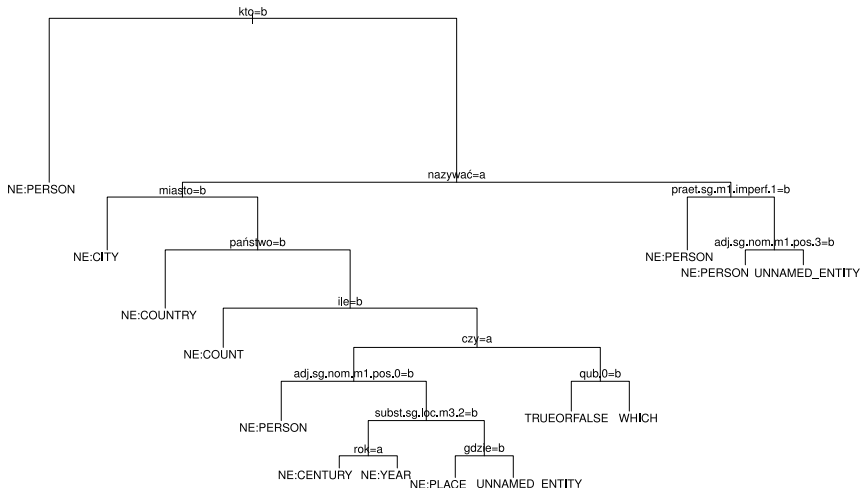
Wyniki - uczenie maszynowe

Dokładne wyniki dla różnych klasyfikatorów:

	ROOT	ORTH	O+R	I+R	I+O
Drzewa (zatrzymywanie)	57.70%				
Drzewa (przycinanie)	63.67%				
Drzewa (pełne)	63.06%				
Bayes (prosty)	65.00%	69.31%	67.63%	71.33%	67.81%
Bayes (z wygładzaniem L.)	56.02%	58.49%	59.01%	61.57%	60.95%
Lasy losowe	67.54%			74.05%	

Drzewo

Najlepsze drzewo decyzyjne:



Problemy rozwiązania proceduralnego

- 99: brak ujednoznacznienia sensów słów,
- 55: trudności w rozpoznaniu bytów nazwanych i nienazwanych,
Który pies ma najsilniejszy uścisk szczęk? – Który pies poleciał w kosmos w 1957 r.?
- 14: brak reguł dla OTHER_NAME,
- 12: niewystarczające reguły rozpoznawania pytań o wiele bytów,
- 12: zbyt skomplikowana składnia pytania,
Jak się nazywa otwarta w 1928 roku w Warszawie centralna biblioteka państwowa?
- 11: brakujące wzorce,
- 10: niewystarczająca lista hiperonimów dla bytu nazwanego,
- 8: brak związków w WordNecie,
synset <przyładek.1> nie posiada hiperonimów (w szczególności <obszar.1>)
- 6: błędy taggera,
Deuter jest izotopem którego pierwiastka? – pierwiastka:subst:sg:nom:f
- 1: błędy parsera powierzchniowego.
((Który łańcuch) górski) stanowi umowną granicę między kontynentami: Europą i Azją?

Generowanie zapytania

Zadanie wykorzystania pytania do wygenerowania zapytania do indeksu wyszukiwarki:

- stosowane tylko i wyłącznie ze względów wydajnościowych,
- brak dostępu do złożonych narzędzi stosowanych na etapie wyboru zdania,
- ważniejsza pełność niż dokładność – wiele (choć nie wszystkie) dokumentów do dalszej analizy,

Zapytanie bazowe powstaje ze słów pytania (niekonstrukcyjnych):

1. Zawężanie zapytania przez usuwanie słów:
np. według częstości, kolejności, części mowy, rozpoznanych bytów nazwanych,
2. Rozszerzanie poprzez dodawanie nowych słów:
np. odmiany, pochodnych, synonimów.

Rozwiązanie w RAFELu 1/2

Podstawowa to zapytanie OR z przynajmniej jednym dopasowaniem:

Która znana Polka została pochowana w Panteonie w Paryżu? →

(znana polka została pochowana w panteonie w paryżu)~1

Z następującymi wariantami:

- zapytanie AND – jeśli brak wyników, powrót do OR,
+znana +polka +została +pochowana +w +panteonie +w +paryżu
- usuwanie "question focus",
(została pochowana w panteonie w paryżu)~1
- zastąpienie słowa listą synonimów z plWordNetu,
*((((znany znajomy nieobcy wiadomy)~1) polka ((zostać "stać się"~2 "zmienić się"~2
"zrobić się"~2 pozostać pozostać pozostać)~1) ((pochować pogrzebać
poukrywać)~1) w panteon w paryż)~1*

Rozwiązanie w RAFELu 2/2

I następującymi rozwiązaniami kwestii bogatej fleksji:

- pozostawienie form tekstowych,
(znana polka została pochowana w panteonie w paryżu)~1
- lematyzacja (dostępna dla polskiego w Lucene),
(znana polka zostać pochować w panteon w paryż)~1
- zapytania rozmyte,
 - rozmycie względne (odległość Levenshteina jest określonym ułamkiem długości słowa),
(znana~0.7 polka~0.7 została~0.7 pochowana~0.7 w~0.7 panteonie~0.7 w~0.7 paryżu~0.7)~1
 - rozmycie bezwzględne (stała odległość, niezależna od słowa),
(znana~0.4 polka~0.4 została~0.57 pochowana~0.67 w panteonie~0.67 w paryżu~0.5)~1
 - rozmycie bezwzględne z prefiksem (zmiany tylko na końcu słowa).
(znana~0.4 polka~0.4 została~0.57 pochowana~0.67 w panteonie~0.67 w paryżu~0.5)~1

Ocena zapytania

Ocena przebiega w następujących krokach:

1. cały korpus Wikipedii zindeksowany przez *Lucene* 3.6,
2. dla 1057 pytań wskazano ręcznie artykuł zawierający odpowiedź,
3. pytanie poddane analizie przez najlepszy klasyfikator,
4. następnie zapytanie utworzone przez dany generator jest przesyłane do *Lucene*,
5. otrzymana lista 100 najlepszych (wg. *Lucene*) konfrontowana jest z sugerowanym źródłem odpowiedzi:
 - 5.1 sprawdzana jest jego obecność na liście,
 - 5.2 jak również pozycja w rankingu.

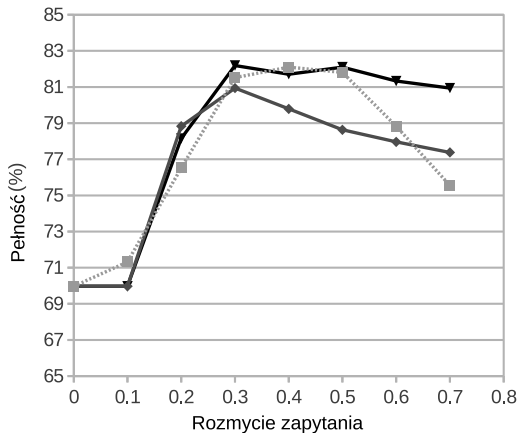
UWAGA: W większości wypadków zapewne istnieje więcej niż jedno źródło danej odpowiedzi.

Wyniki generatorów

Zapytanie \ Dopasowanie	Dokładne	Lematyzacja	Rozmyte
proste	69.97%	80.08%	82.19%
zapytanie OR	14.32	12.90	12.36
najpierw	57.94%	57.07%	34.84%
zapytanie AND	11.36	8.80	7.07
z usuniętym	62.75%	71.99%	73.34%
"question focus"	14.65	14.00	12.84
z synonimami	47.06%	65.64%	58.71%
	21.42	15.47	16.00

Dla każdej kombinacji podano pokrycie (udział pytań, dla których zwrócono oczekiwany dokument) oraz średnią pozycję artykułu na liście (tam, gdzie znalazł się on w pierwszej setce).

Wyniki – rozmycie



Pokrycie w zależności od typu rozmycia (względne, bezwzględne, bezwzględne z stałym prefiksem) i jego stopnia. Dla przedstawienia na jednym wykresie wyników względnych i bezwzględnych do przeliczenia wzięto długość słowa równą 10.

.....■..... Względne —◆— Bezwzględne —▼— Prefiks

Podsumowanie

Dotychczasowe wyniki:

- opracowane środowisko testowe umożliwiło ocenę wyników,
- klasyfikator pytań bazujący na wzorcach i WordNecie osiągnął zadowalającą precyzję,
- najprostszy generator zapytań jest zarazem najlepszy,
- zamiast słabej lematyzacji lepiej zastosować rozmyte zapytania.

Do wykonania:

- konfrontacja rozpoznanych typów bytów nazwanych z możliwościami narzędzi NER,
- metoda oceny zdania jako odpowiedzi,
- zmierzenie się z problemem bytów nienazwanych,
- procedura ekstrakcji odpowiedzi,
- ewaluacja systemu jako całości.

Literatura (1)



H. T. Dang, D. Kelly, and J. Lin.

Overview of the TREC 2007 Question Answering track.

In *Proceedings of The Sixteenth Text REtrieval Conference, TREC 2007, 2007*.



F. Duclaye, F. Yvon, and O. Collin.

Learning paraphrases to improve a question-answering system.

In *Proceedings of the 10th Conference of EACL Workshop Natural Language Processing for Question-Answering, 2003*.



S. Hartrumpf.

Question Answering using Sentence Parsing and Semantic Network Matching.

In *Proceedings of the 5th conference on Cross-Language Evaluation Forum: Multilingual Information Access for Text, Speech and Images CLEF'04* Multilingual Information Access for Text, Speech and Images CLEF'04, pages 512–521, 2004.



D. Hook.

Study of Search Engine Transaction Logs Shows Little Change in How Users use Search Engines.

Evidence Based Library and Information Practice, 1(3):88–94, 2006.



A. Ittycheriah.

A statistical approach for open domain question answering.

In T. Strzalkowski and S. M. Harabagiu, editors, *Advances in Open Domain Question Answering (Text, Speech and Language Technology)*, volume 32 of *Text, Speech and Language Technology*, pages 35–69. Springer Netherlands, 2007.

Literatura (2)



M. Karzewski.

Jeden z dziesięciu - pytania i odpowiedzi.

Muza SA, 1997.



D. Piechociński and A. Mykowiecka.

Question answering in Polish using shallow parsing.

In R. Garabík, editor, *Computer Treatment of Slavic and East European Languages: Proceedings of the Third International Seminar, Bratislava, Slovakia*, pages 167–173. VEDA: Vydava- tel'stvo Slovenskej akadémie vied, 2005.



S. C. Shapiro.

Encyclopedia of Artificial Intelligence.

John Wiley & Sons, Inc., New York, 1992.



M. M. Soubotin and S. M. Soubotin.

Use of patterns for detection of answer strings: A systematic approach.

In *Proceedings of The Eleventh Text REtrieval Conference (TREC 2002)*, volume 11, 2002.



M. Walas.

How to answer yes/no spatial questions using qualitative reasoning?

In A. Gelbukh, editor, *13th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, pages 330–341, 2012.



Yandex.ru.

Report on Yandex.ru queries.

Technical report, 2010.

?