

ČVUT, FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
VYHLEDÁVÁNÍ NA WEBU A V MULTIMEDIÁLNÍCH DATABÁZÍCH  
LETNÍ SEMESTR 2019/2020  
ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA K PROJEKTU

---

# LSI vektorový model

---

David Mašek a Kristýna Klesnilová

10. května 2020

## OBSAH

<b>1</b>	<b>Popis projektu</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Způsob řešení</b>	<b>3</b>
2.1	Preprocessing dokumentů . . . . .	3
2.2	Výpočet vah termů . . . . .	3
2.3	Implementace LSI . . . . .	4
2.4	Vyhodnocení dotazu . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Implementace</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Příklad výstupu</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Experimentální sekce</b>	<b>6</b>
5.1	Určení optimálního počtu konceptů . . . . .	6
5.2	Porovnání vlivu LSI na kvalitu výsledků vyhledávání s ohledem na výskyt synonym a homonym . . . . .	7
5.2.1	Synonyma . . . . .	7
5.2.2	Homonyma . . . . .	7
5.3	Porovnání průchodu pomocí LSI vektorového modelu se sekvenčním průchodem databáze s ohledem na čas vykonání dotazu . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Diskuze</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>9</b>

# 1 POPIS PROJEKTU

V tomto projektu implementujeme *LSI vektorový model* sloužící k podobnostnímu vyhledávání v databázi anglických textových dokumentů. Tuto funkcionalitu následně vizualizujeme pomocí webového interface, který uživateli umožňuje procházet databázi článků na základě doporučení nejpodobnějších článků k právě čtenému.

V experimentální části projektu jsme se dále zaměřili na:

- Určení optimálního počtu konceptů
- Porovnání vlivu LSI na kvalitu výsledků vyhledávání s ohledem na výskyt synonym a homonym
- Porovnání průchodu pomocí LSI vektorového modelu se sekvenčním průchodem databáze s ohledem na čas vykonání dotazu
- Vliv různých vnitřních parametrů na výkon algoritmu (změna počtu extrahovaných termů, použití lemmatizace namísto stemmingu, odstranění číslovek při preprocesingu, použití jiného vzorce na výpočet vah termů...)

Celý náš projekt je volně dostupný na: (Odkaz na gitlab?).

## 2 ZPŮSOB ŘEŠENÍ

### 2.1 Preprocessing dokumentů

Jako první v naší aplikaci začínáme s preprocesingem dokumentů. Slova z jednotlivých dokumentů převedeme na malá písmena a odstraníme z nich nevýznamová slova a interpunkci. K identifikaci nevýznamových slov používáme seznam anglických nevýznamových slov. Jako parametr programu posíláme také, zda má z dokumentů odstranit i číslovky. Následně na zbylé termy aplikujeme *stemming* či *lemmatizaci*. Tím se snažíme slova, která mají stejný slovní základ, vyjádřit pouze jedním termem. Stemming to dělá pomocí algoritmu, kterým odsekává přípony a koncovky slova. Lemmatizace na to jde o něco chytřeji, podle kontextu slova se pokusí určit, o jaký slovní druh se jedná, a podle toho ho zkrátit.<sup>1</sup> Porovnání jejich použití v programu se dále věnujeme v experimentální části.

### 2.2 Výpočet vah termů

V aplikaci vytváříme matici  $M_w$ , která má v řádcích jednotlivé termy a ve sloupcích jejich váhy v jednotlivých dokumentech.

Začneme tím, že si vytvoříme matici počtu výskytů jednotlivých termů v jednotlivých dokumentech. Počet termů v této matici poté dále zredukujeme, abychom pracovali jen s těmi nejdůležitějšími. Funkci pro redukci termů posíláme následující parametry:

- *max\_df* - termy nacházející se ve více % dokumentů, než udává číslo  $100 * max\_df$ , z matice odstraníme
- *min\_df* - termy nacházející se v méně nebo stejně dokumentech, než udává číslo *min\_df*, z matice odstraníme
- *max\_terms* - maximální počet termů, které si v aplikaci necháme
- *keep\_less\_freq* - udává, zda si při výběru *max\_terms* termů nechat ty nejméně či nejvíce často zastoupené v dokumentech

---

<sup>1</sup>[nlp.stanford.edu/IR-book/html/htmledition/stemming-and-lemmatization-1.html](http://nlp.stanford.edu/IR-book/html/htmledition/stemming-and-lemmatization-1.html)

Zkoumání vlivu změny jednotlivých parametrů na výsledek LSI se dále podrobněji věnujeme v experimentální části. V programu vždy nastavujeme *min\_df* alespoň na 1, abychom odstranili termy nacházející se pouze v 1 dokumentu, které nám do LSI nepřidávají žádné užitečné informace. (pravda?)

Z této zredukované matice poté již spočteme matici  $M_w$ . Pro výpočet vah jednotlivých termů používáme metodiku *tf-idf*. Váhu termu  $t_i$  v dokumentu  $d_j$  spočítáme podle vzorce:

$$w_{ij} = tf_{ij} \cdot idf_{ij} \quad (2.1)$$

kde  $tf_{ij}$  reprezentuje normalizovanou četnost termu  $t_i$  v dokumentu  $d_j$  a spočítáme ji podle vzorce<sup>2</sup>:

$$tf_{ij} = \frac{f_{ij}}{nt_j} \quad (2.2)$$

kde  $f_{ij}$  je četnost výskytu termu  $t_i$  v dokumentu  $d_j$ , kterou normalizujeme číslem  $nt_j$  vyjadřujícím celkový počet termů v dokumentu  $d_j$ . V přednášových slidech je použita normalizace jiná,  $tf_{ij}$  se tam počítá podle vzorce:

$$tf_{ij} = \frac{f_{ij}}{\max_i\{f_{ij}\}} \quad (2.3)$$

kde  $\max_i\{f_{ij}\}$  vrací nejvyšší četnost termu  $t_i$  přes celou kolekci dokumentů. Tento způsob normalizace nám vrací spíše horší výsledky, jejich porovnáním se zabýváme v experimentální části.  $idf_{ij}$  reprezentuje převrácenou četnost  $t_i$  ve všech dokumentech a spočítá se podle vzorce:

$$idf_{ij} = \log_2\left(\frac{n}{df_i}\right) \quad (2.4)$$

kde  $n$  je celkový počet dokumentů a  $df_i$  reprezentuje celkový počet dokumentů obsahujících term  $t_i$ .

### 2.3 Implementace LSI

Jakmile máme vytvořenou matici vah termů  $M_w$ , můžeme přistoupit k samotné implementaci LSI. Princip LSI spočívá v tom, že s pomocí *singulárního rozkladu (SVD)* seskupíme tematicky podobné články do jednotlivých  $k$  konceptů. Vlivem počtu konceptů na kvalitu výsledků se dále zabýváme v experimentální sekci.

Singulární rozklad nám matici  $M_w$  rozloží následovně:

$$M_w = U \cdot S \cdot V^T \quad (2.5)$$

kde řádky matice  $U$  jsou obrazy řádků matice  $M_w$ , sloupce matice  $V$  jsou obrazy sloupců matice  $M_w$  a matice  $S$  obsahuje na diagonále *singulární hodnoty (absolutní hodnoty vlastních čísel)* matice  $M_w$  v sestupném pořadí. Z těchto matic získáme *concept-by-document* matici  $M_{cd}$  jako:

<sup>2</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/Tf%E2%80%93idf>

$$M_{cd} = S[k, k] \cdot V^T[k, :] \quad (2.6)$$

kde  $S[k, k]$  značí prvních  $k$  řádků a sloupců matice  $S$  a  $V^T[k, :]$  značí prvních  $k$  řádků matice  $V^T$ , kde  $k$  je počet konceptů. Nenásobíme tedy celou maticí  $M_{cd}$ , ale pouze její část podle počtu konceptů.

Matici projekce dotazu do prostoru konceptů  $M_q$  pak získáme jako:

$$M_q = U^T[k, :] \quad (2.7)$$

kde  $U^T[k, :]$  značí prvních  $k$  řádků matice  $U^T$ .

## 2.4 Vyhodnocení dotazu

Při dotazu na nejpodobnější dokumenty k dokumentu  $d_j$  převedeme dotaz do prostoru konceptů na vektor  $V_c$  pomocí vzorce:

$$V_c = M_q \cdot M_{w,j} \quad (2.8)$$

kde  $M_{w,j}$  značí  $j$ -tý sloupec matice  $M_w$ .

Vektor  $V_c$  poté pomocí *kosinové podobnosti* porovnáme se sloupcovými vektory matice  $M_{cd}$ . Indexy nejpodobnějších sloupcových vektorů matice  $M_{cd}$  pak vrátíme jako indexy nejpodobnějších dokumentů k dokumentu dotazu  $d_j$ . Spolu s indexy vrátíme i samotnou hodnotu kosinové podobnosti.

## 3 IMPLEMENTACE

Celý projekt jsme programovali v jazyce *Python*. Práci nám velmi usnadnila jeho knihovna *NLTK*<sup>3</sup> nabízející rozsáhlou funkcionalitu pro práci s přirozeným jazykem. Využili jsme například *WordNetLemmatizer* pro lemmatizaci či *SnowballStemmer* pro stemming. Dále jsme v programu hojně využívali Python knihovny *pandas*<sup>4</sup> a *numpy*<sup>5</sup>.

Ukládání dat v projektu řešíme přes CSV soubory, ke kterým přistupujeme přes *pandas* funkce. V jednom souboru máme uložený dataset nad kterým provádíme LSI. V dalších souborech pak máme uložené matice  $M_w$ ,  $M_{cd}$  a  $M_q$ , abychom je mohli cachovat a přepočítávat jen při změně LSI parametrů, které máme uložené v souboru *server/lisa\_config.json*.

Procházení článků vizualizujeme v prohlížeči pomocí *Flask*<sup>6</sup> web serveru. Jako dataset v našem projektu používáme anglicky psané novinové články stažené z *kaggle.com*<sup>7</sup>. Dataset nepoužíváme celý, vybrali jsme z něj pouze 996 článků.

## 4 PŘÍKLAD VÝSTUPU

Na obrázku 4.1 je vidět konkrétní vstup a výstup naší aplikace. Zobrazí se název článku dotazu, jméno jeho autora a také samotný text článku. Naše aplikace dále uživateli nabídne seznam

<sup>3</sup><https://www.nltk.org/>

<sup>4</sup><https://pandas.pydata.org/>

<sup>5</sup><https://numpy.org/>

<sup>6</sup><https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/>

<sup>7</sup><https://www.kaggle.com/snapcrack/all-the-news>

## WATCH: SpaceX Successfully Launches Falcon 9 Rocket, Months After Blast

Author: Colin Dwyer, [source](#)

### Similar articles

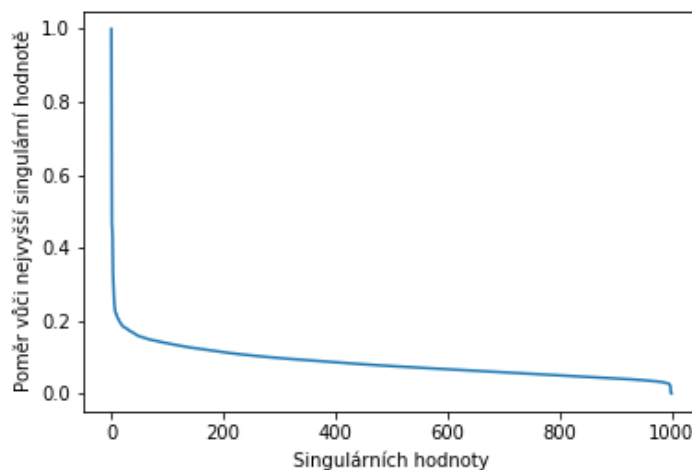
1. SpaceX Launches Rocket, Its First Since Explosion on Launchpad - The New York Times (97.2%)
2. Inside Elon Musk's big plan to colonize Mars (74.7%)
3. Latest North Korea missile launch lands near Japan waters, alarms Tokyo (14.1%)
4. Proposed UN sanctions on North Korea would be the toughest yet, US says (12.8%)
5. North Korean missile test fails, US says (12.7%)
6. 'I'm not good at doing what I'm told': meet real-life Girlboss Sophia Amoruso (12.7%)
7. Apple, Google, Uber, Tesla, And Others React To Trump's Refugee Ban (11.1%)
8. North Korea missile test: regime has 'disrespected China', says Donald Trump (10.8%)
9. This car can supposedly turn into a boat (10.8%)
10. Deadly Explosion Hits Philippine President Rodrigo Duterte's Hometown (10.7%)

Obrázek 4.1: Příklad výstupu aplikace

10 nejpodobnějších článků i s určenou kosinovou podobností v procentech. Je vidět, že aplikace vrací víceméně přesně to, co bychom čekali. K článku o tom, že firma SpaceX vypustila do vesmíru raketu, vrátí články týkající se firmy SpaceX či raket.

## 5 EXPERIMENTÁLNÍ SEKCE

### 5.1 Určení optimálního počtu konceptů



Obrázek 5.1: Důležitost konceptů

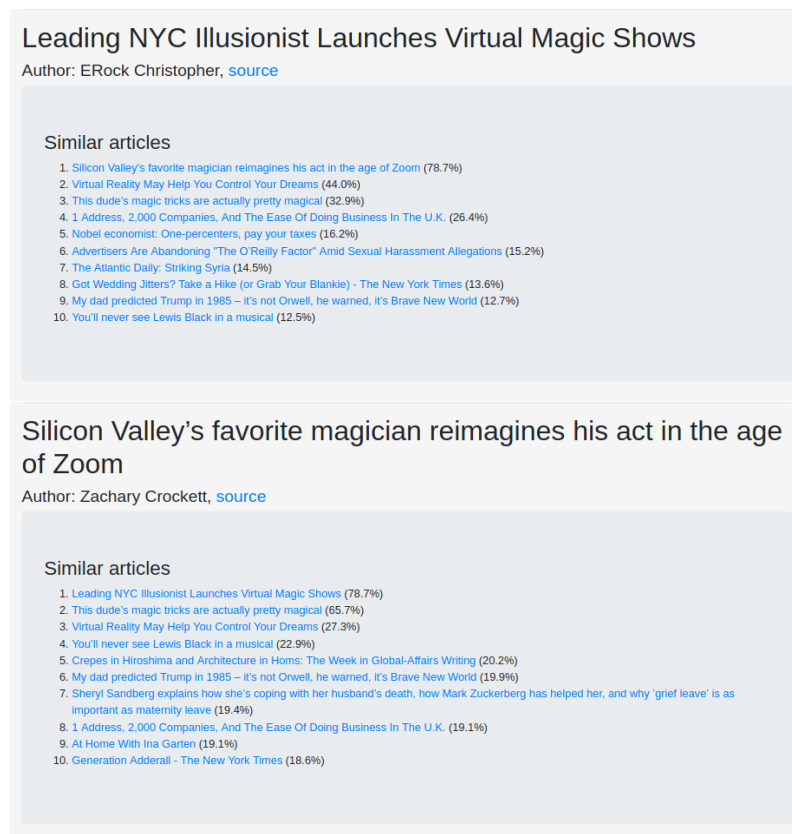
Vezmeme si singulární hodnoty, které nám vrátil singulární rozklad v rovnici 2.5. Vizualizujeme-li si v grafu 5.1, jak klesá poměr nejvyšší singulární hodnoty vůči zbylým singulárním hodnotám, vidíme z toho také, jak klesá důležitost konceptů v datasetu. Počet konceptů  $k$  v naší aplikaci tedy podle tohoto grafu určíme jako 400.

## 5.2 Porovnání vlivu LSI na kvalitu výsledků vyhledávání s ohledem na výskyt synonym a homonym

Pro zjištění kvality výsledků vyhledávání s ohledem na výskyt synonym a homonym jsme do datasetu přidali 4 články.

### 5.2.1 Synonyma

Jak si náš model poradí se synonymy jsme testovali na článcích "*Silicon Valley's favorite magician reimagines his act in the age of Zoom*" a "*Leading NYC Illusionist Launches Virtual Magic Shows*". Testovali jsme tedy anglická synonyma *illusionist* a *magician*.



Obrázek 5.2: Synonyma

Na obrázku 5.2 je vidět, že náš model synonyma v článcích identifikoval správně. V prvním článku se sice ani jednou přímo nevyskytuje slovo *magician* a v druhém ani jednou slovo *illusionist*, ale v obou se vyskytují slova se slovním základem *magic* nebo například slova *show* a *audience* a model tak články správně identifikoval jako podobné.

### 5.2.2 Homonyma

K testování jak si náš článek poradí s homonymy jsme použili články "*Little Richard, rock 'n' roll pioneer, has died at 87*" a "*Scientists found bacteria inside rocks — here's what that could mean for life on Mars*", které oba obsahují slovo *rock* ovšem jednou ve významu skály a jednou ve významu rockového muzikanta.

Na obrázku 5.3 je vidět že u prvního článku, týkajícího se vlivu objevu bakterie v podmořských skalách na možnost života na Marsu, si model poradil opravdu dobře a vrátil nám články týka-

## Scientists found bacteria inside rocks — here's what that could mean for life on Mars

Author: The Cosmic Companion, [source](#)

### Similar articles

1. Strawberries remain at top of pesticide list, report says (50.8%)
2. Epic Climate Cartoon Goes Viral, But It Has One Key Problem (47.6%)
3. 2006: a space oddity – the great Pluto debate (46.2%)
4. Video Appears To Show Tourists Destroying Popular Oregon Rock Formation (44.3%)
5. Stephen Hawking warns against seeking out aliens in new film (43.5%)
6. A Call From Outer Space, or a Cosmic Wrong Number? - The New York Times (40.9%)
7. Here's everything scientists know about how to avoid aging (38.2%)
8. Inside Elon Musk's big plan to colonize Mars (33.6%)
9. 10 Months, 45 National Parks, 11 Rules - The New York Times (30.6%)
10. Chris Rock, Oscar host who really seems to hate the Oscars, now at center of storm (30.1%)

## Little Richard, rock 'n' roll pioneer, has died at 87

Author: nan, [source](#)

### Similar articles

1. Chuck Berry: from enduring Jim Crow to a comeback album at age 90 (57.3%)
2. Chris Rock, Oscar host who really seems to hate the Oscars, now at center of storm (43.8%)
3. Spoon frontman Britt Daniel: 'I wanted to be a musician, not a rockstar' (43.7%)
4. Mourning Stars Through Streams, Screens And Communities (43.6%)
5. Ralph Stanley remembered: bluegrass's humble mountain king (41.2%)
6. Video Appears To Show Tourists Destroying Popular Oregon Rock Formation (39.7%)
7. WSJ Tax Policy Reporter Richard Rubin hosting Q&A in the Hive, Fri. @1:00pm (39.6%)
8. Guest Dose: DJ JNETT (38.1%)
9. The Difficult, Adventurous, Happy Life Of Rosalie Sorrels (34.2%)
10. Review: Santigold, '99¢' (33.2%)

Obrázek 5.3: Homonyma

jící se vesmíru nebo přírody. Jediné co model spletlo je článek o Chrise Rockovi, jehož příjmení, které se ve článku vyskytuje velmi často, jsme při předzpracování převedli na malá písmena do tvaru *rock* a model tak neví, že se jedná o vlastní jméno. I přes tento problém jsme se v naší aplikaci rozhodli všechna slova převádět na malá písmena. Kdybychom se rozhodli převádět na malá písmena pouze slova na začátku vět a ostatní vlastní jména nechávali s velkým písmenem na začátku, identifikoval by nám model například slovo *school* a slovo *School* v názvu nějaké školy jako 2 rozdílná slova. Je tedy na zvážení autorů aplikace, jak k problému přistoupí.

U druhého článku týkajícího se smrti rockového hudebníka nám jako první vrátil velmi relevantní článek o jiném stárnoucím hudebníkovi. Jako druhý článek nám model opět vrátil článek o Chrise Rockovi, jež je teď pro model velmi relevantní, jelikož je to článek o celebritě a obsahuje spoustu výskytů slova *rock*. Třetí, čtvrtý a pátý článek jsou opět relevantní články o hudebnících, ale jako šestý článek už model vrátí článek o skále namísto o hudebnících. Je tedy vidět, že velmi relevantní články o hudebnících model identifikuje správně jako nejpodobnější, u méně relevantních článků týkajících se hudebníků, hudby nebo celebrit už má model problém identifikovat, jestli jsou relevantnější tyto články nebo články o skalách. Velmi záleží na tom, kolik podobných slov se ve článcích vyskytuje.

### 5.3 Porovnání průchodu pomocí LSI vektorového modelu se sekvenčním průchodem databáze s ohledem na čas vykonání dotazu

Pro odsimulování sekvenčního průchodu databází nastavíme počet konceptů stejný jako počet dokumentů databáze. Toho docílíme tak, že v souboru *server/lsa\_config.json* nastavíme parametr *k* na 0.

TODO



## 6 DISKUZE

## 7 ZÁVĚR