TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

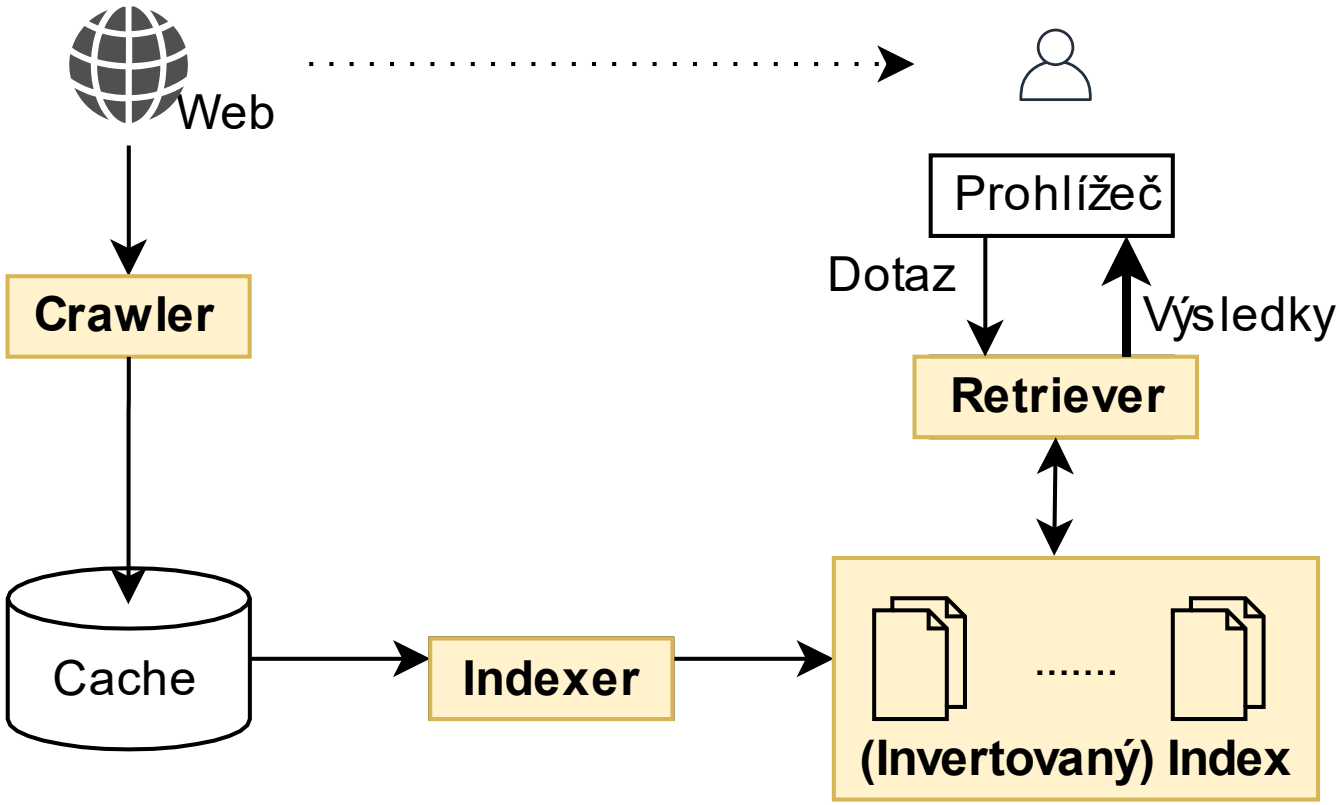
Hodnocení a vyhledávání na webu

František Kynych
17. 10. 2024 | MVD

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií

Část I.:
Úvod do problematiky, základní části systému

Co je to vyhledávač?



Výzvy a možnosti vyhledávání

- Škálovatelnost
  - Zvládnutí velikosti webu
  - Zaručit úplnost pokrytí webu
  - **-> Paralelní indexování a vyhledávání (MapReduce)**
- Stránky s nízkou kvalitou informací a spam
  - **-> Detekce spamu a spolehlivé (robustní) hodnocení**
- Dynamika webu
  - Nepřetržitá tvorba nových stránek
  - Časté aktualizace některých stránek
- Možnosti
  - Mnoho dalších heuristik (např. linky) může být využito k vylepšení vyhledávání
  - **-> Analýza linků a využití více příznaků k hodnocení**

Crawler / Spider / Robot

- Bot, který prochází web za účelem vytvoření web indexu
- Snadné vytvoření základního bota
  - Začneme s kolekcí několika stánek v prioritní frontě
  - Načteme stránku z webu
  - Z načtených stránek parsujeme linky a přidáváme je do fronty
  - Procházíme celou frontu
- Reálný bot je více komplikovaný
  - Robustnost (chyba serveru, pasti, …)
  - Pravidla pro bota (ohled na vytížení serverů, některé stránky si nepřejí být indexovány, …)
  - Práce s různými typy souborů (dokumenty, obrázky, skripty, …)
  - Odhalení redundantních stránek (identické / duplicitní)
  - Odhaleních skrytých URL (zkrácení dlouhé URL)

Základní strategie prohledávání

- Prohledávání do šířky (většinou)
  - Chceme vyvážit zatížení serveru
- Paralelní prohledávání

- Variace: zaměřené prohledávání
  - Zaměřujeme se pouze na jedno téma (např. stránky o sportu)
  - Můžeme zadat dotaz do již existujícího vyhledávače a procházet výsledky
- Problém s hledáním nových stránek

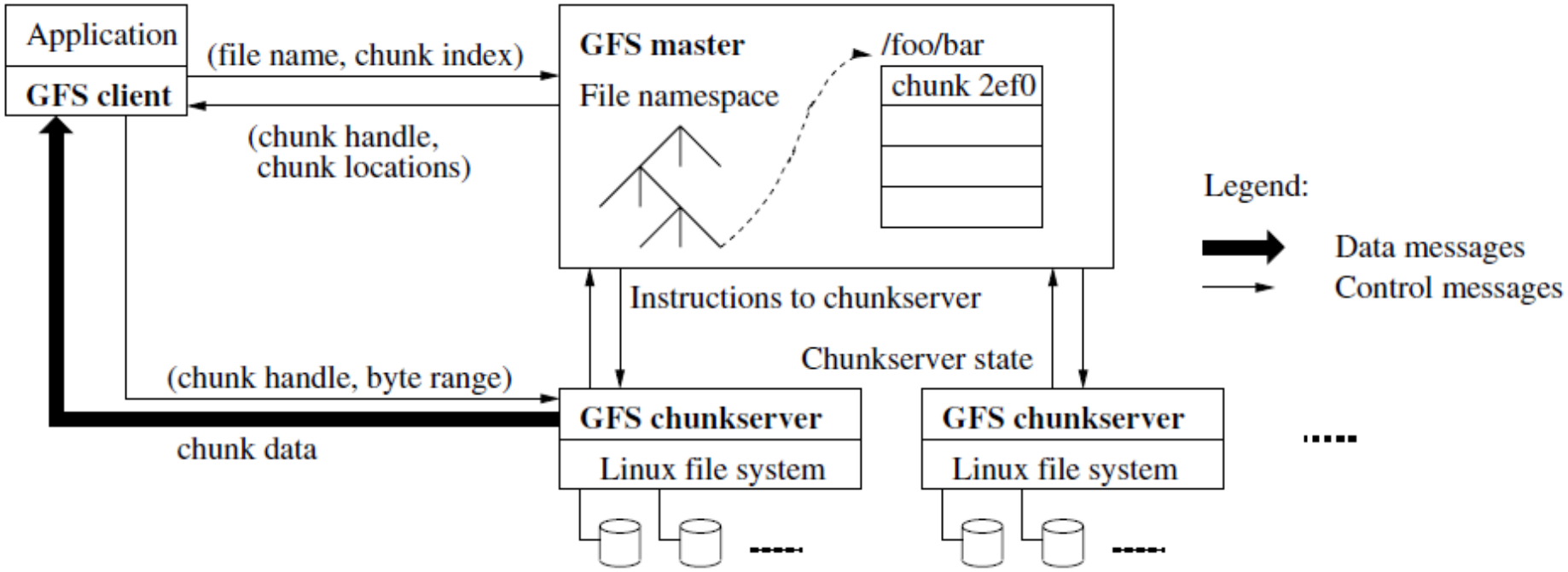
- Inkrementální / opakované prohledávání
  - Chceme minimalizovat použití výpočetních zdrojů
  - Bot se může učit ze zkušeností (procházet denně / měsíčně)
  - Může zaměřovat
    - Často aktualizované stránky
    - Často procházené stránky uživateli

Indexování

- Standardní techniky z přednášky o vyhledávání jsou základem, ale nejsou dostačující
  - Škálovatelnost
  - Efektivnost

- Důležité části
  - Google File System (GFS)
    - Distribuovaný souborový systém
  - MapReduce
    - Softwarový model pro paralelní zpracování dat
  - Hadoop
    - Obsahuje open source implementaci MapReduce

Google File System (GFS)



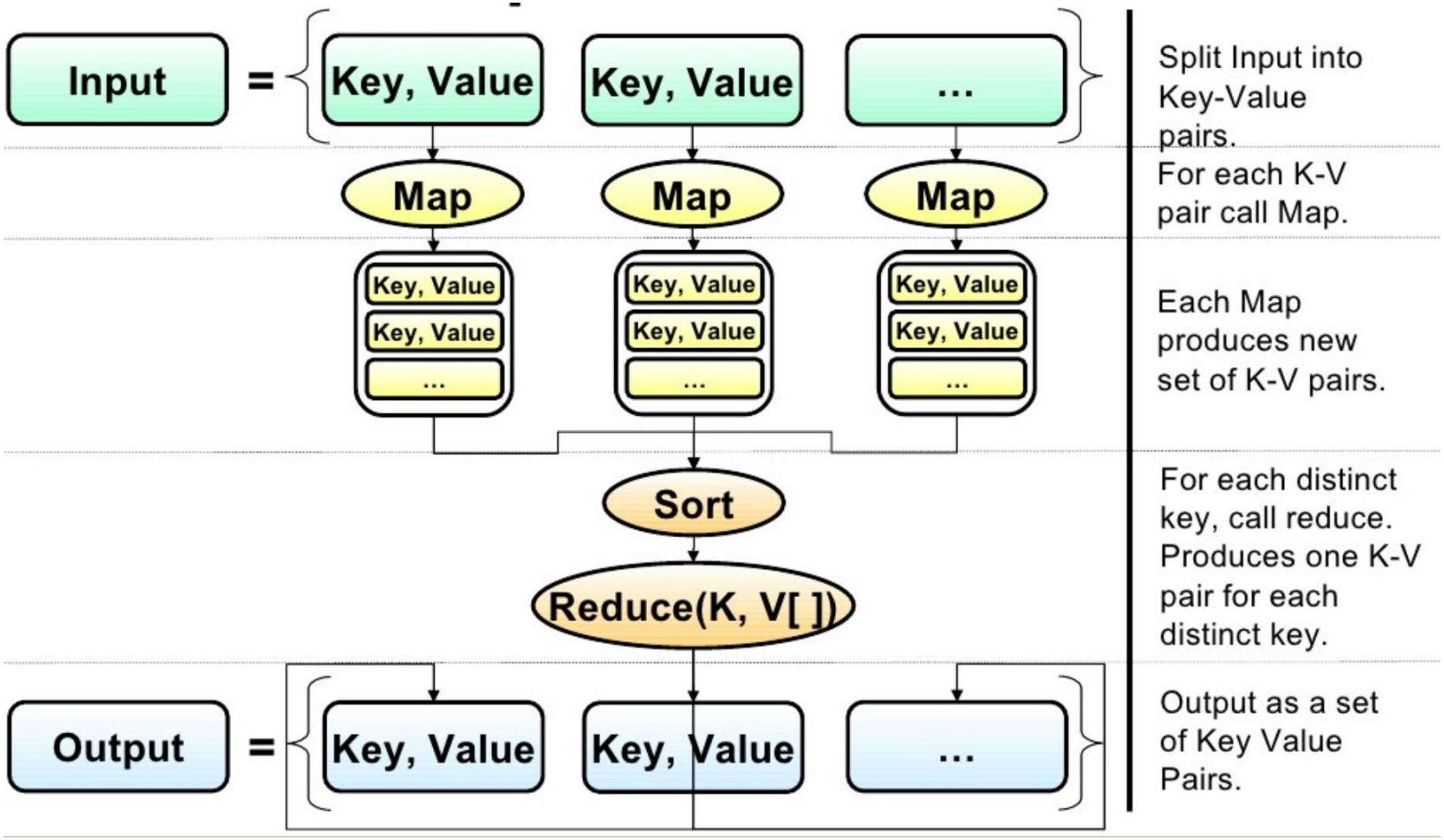
https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/cs//archive/gfs-sosp2003.pdf

MapReduce

- Model pro paralelní zpracování velkého množství dat
  - Minimalizuje potřebné úsilí programátora pro jednoduché úlohy paralelního zpracování dat
- U indexování zpracovává uložené webové stránky z GFS

- Výhody
  - Skrývá před programátorem většinu low-level detailů (síť, úložiště)
  - Odolnost proti chybám
  - Automatické vyvažování zátěže

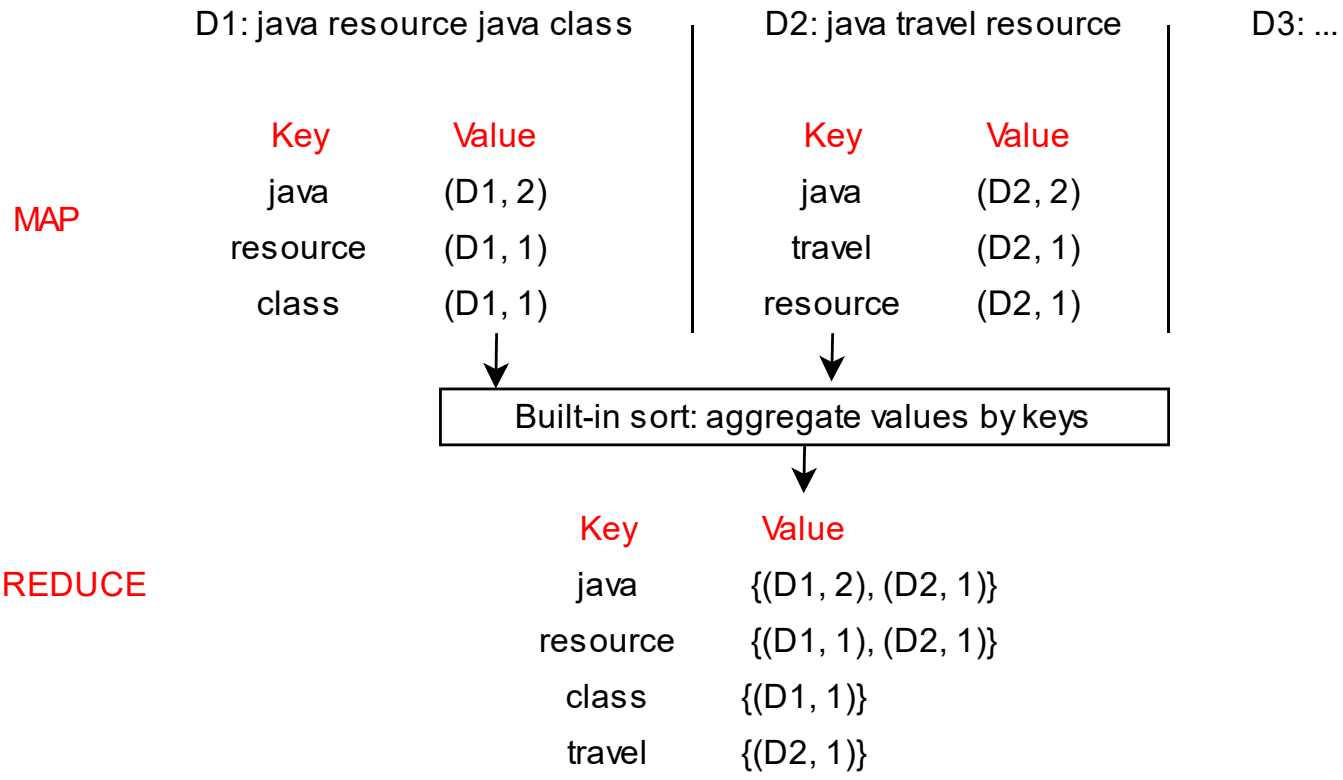
MapReduce výpočetní pipeline



https://www.slideshare.net/gothicane/behm-shah-pagerank

MapReduce příklad

- Získání dat pro invertovaný index pomocí MapReduce



https://www.coursera.org/learn/text-retrieval

Apache Hadoop

- Framework obsahující open source komponenty
  - Hadoop Distributed File System (HDFS)
    - Distribuovaný souborový systém pro rychlý přístup k velkým datům
  - Hadoop YARN
    - Framework pro plánování jobů a správu zdrojů clusterů
  - **Hadoop MapReduce**
    - Systém pro paralelní zpracování velkého množství dat

Část II.:
Algoritmy pro hodnocení stránek

Hodnocení stránek

- Standardní modely z předchozí přednášky fungují, ale pro tuto úlohu nestačí
  - Uživatel má při vyhledávání na webu jiné potřeby
  - Dokumenty obsahují více informací (layout, linky, …)
  - Výrazně se liší kvalita informací na stránce

- Hlavní rozšíření
  - Využití linků k vylepšení hodnocení
  - Využití návštěvnosti pro přímou zpětnou vazbu
  - Využití machine learning algoritmů pro kombinaci různých příznaků

Využití linků mezi stránkami

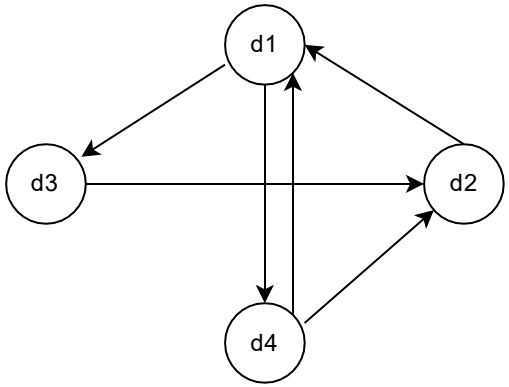
- Odkazy ze stránek
  - Většinou má link nějaký text -> víte kam přecházíte
  - Tento text lze využít
  - Odkaz „the biggest online book store“ převede uživatele např. na Amazon
  - Jakmile uživatel bude vyhledávat podobný text, tak těchto linků můžeme využít
- Hub stránky
  - Stránky, které se odkazují na velké množství jiných stránek
- Authority stránky
  - Stránky, na které se někdo často odkazuje

PageRank #1

- Hodnotí stránku dle její popularity
- Intuice
  - Linky jsou podobné jako citace v literatuře
  - U často citované stránky je očekáváno, že bude užitečnější
- PageRank počítá citace, ale své počítání rozšiřuje o
  - Váhu citací
  - Vyhlazení počtu citací
    - U každé stránky se uvažuje nenulový počet citací
- PageRank si lze představit jako výpočet pravděpodobnosti náhodného surfování

PageRank #2

- Data jsou reprezentována orientovaným grafem
  - Uzly – stránky
  - Hrany – linky
- Pro graf vytvoříme matici přechodů s pravděpodobnostmi přechodu do jiného uzlu

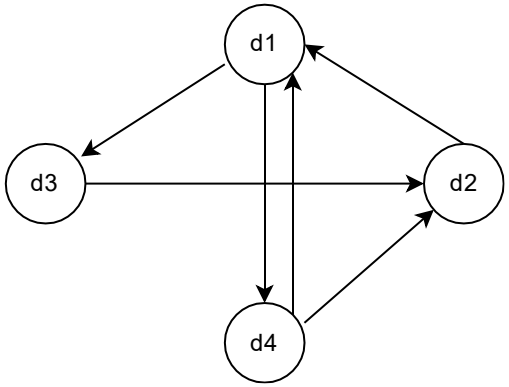


$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\sum_{j=1}^{N} M_{ij} = 1$$

M_{ij} = pravděpodobnost přechodu z d_i do d_j

PageRank #3

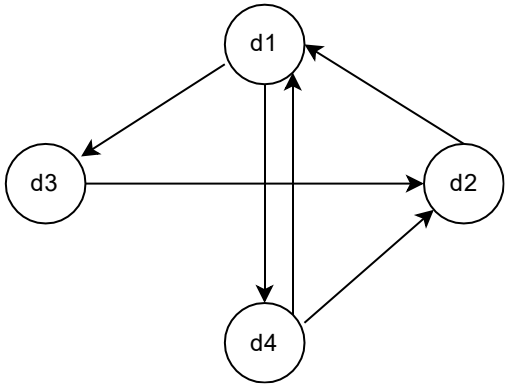


$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- Model s parametrem α
  - S pravděpodobností α skočíme náhodně na jinou stránku
  - S pravděpodobností (1 - α) náhodně vybereme link na současné stránce
- p(d_i): PageRank skóre pro d_i = průměrná pravděpodobnost návštěvy stránky d_i

$$p_{t+1}(d_j) = (1-\alpha)\sum_{i=1}^{N} M_{ij}\, p_t(d_i) + \alpha \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} p_t(d_i)$$

PageRank #4



$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

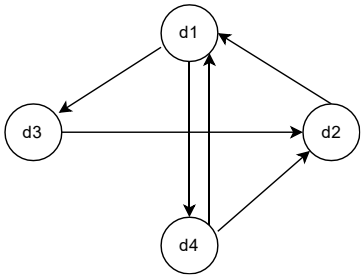
$$p_{t+1}(d_j) = (1-\alpha)\sum_{i=1}^{N} M_{ij}\, p_t(d_i) + \alpha\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} p_t(di)$$

Vynechání časového indexu

$$\mathrm{p(d_j)} = \sum_{i=1}^{N}\left[\frac{1}{N}\alpha + (1-\alpha)M_{ij}\right]p(di) \quad \Rightarrow \quad \vec{p} = ((1-\alpha)M + \frac{\alpha}{N}E)^T\vec{p}$$

$$E_{ij} = 1$$

PageRank #5



$$\vec{p} = ((1-\alpha)M + \frac{\alpha}{N}E)^T\vec{p}$$

$$\alpha = 0{,}2 \quad \mathrm{N} = 4$$

$$\mathrm{A} = (1\ -0{,}2)\mathrm{M} + 0{,}2\frac{\mathrm{E}}{\mathrm{N}} = 0{,}8 \times \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \end{bmatrix} + 0{,}2 \times \begin{bmatrix} 1/4 & 1/4 & 1/4 & 1/4 \\ 1/4 & 1/4 & 1/4 & 1/4 \\ 1/4 & 1/4 & 1/4 & 1/4 \\ 1/4 & 1/4 & 1/4 & 1/4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} p^{n+1}(d_1) \\ p^{n+1}(d_2) \\ p^{n+1}(d_3) \\ p^{n+1}(d_4) \end{bmatrix} = A^T \begin{bmatrix} p^n(d_1) \\ p^n(d_2) \\ p^n(d_3) \\ p^n(d_4) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}05 & 0{,}85 & 0{,}05 & 0{,}45 \\ 0{,}05 & 0{,}05 & 0{,}85 & 0{,}45 \\ 0{,}45 & 0{,}05 & 0{,}05 & 0{,}05 \\ 0{,}45 & 0{,}05 & 0{,}05 & 0{,}05 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} p^n(d_1) \\ p^n(d_2) \\ p^n(d_3) \\ p^n(d_4) \end{bmatrix}$$

- Počáteční hodnota $p^0(d_i) = 1/N$
- Iterujeme do konvergence
- Lze vypočíst PageRank pouze pro některé stránky

PageRank #6

- **PageRank udává důležitost stránky dle její popularity**
- Rychlý výpočet

- Problém se stránkou, která má 0 výstupních hran (0 linků)
  - Suma pravděpodobností nemůže být 1
  - Řešením je úprava parametru α
    - $\alpha = 1$, pro stránky s 0 linky

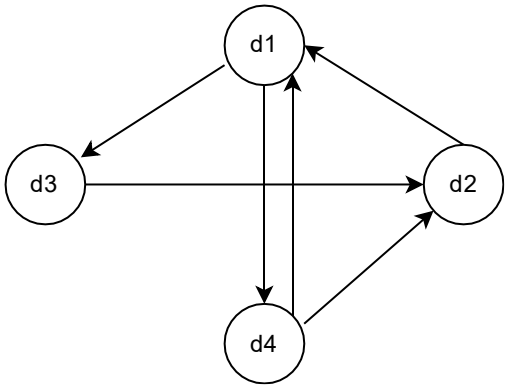
- Velké množství rozšíření
  - Např. topic-specific PageRank

HITS #1

- Hypertext-Induced Topic Search (HITS)

- PageRank nijak nerozlišuje autority a huby
  - Stránky hodnotí pouze dle jejich autority
- Intuice
  - Často citované stránky mají dobrou autoritu
  - Stránky, které citují hodně jiných stránek jsou dobré huby
- Hlavní myšlenka
  - Dobré autority budou citovány dobrými huby
  - Dobré huby odkazují na dobré autority
  - Např. odkazem na dobrou autoritu zvyšujeme své hub skóre

HITS #2



$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

A - Matice sousednosti

Počáteční hodnoty $h(di) = a(di) = 1$

Iterační proces

$$h(d_i) = \sum_{d_j \in OUT(di)} a(dj)$$

$$\mathrm{a}(d_i) = \sum_{d_j \in IN(di)} h(dj)$$

Vektorizace

$$\vec{h} = A\vec{a}$$

$$\vec{a} = A^T\vec{h}$$

Po každé iteraci je potřeba normalizace

HITS vs PageRank

- HITS
  - Pro výsledné hodnocení stránky získáme 2 hodnoty
  - Pro získání skóre využívá pouze sousedy v grafu
  - Závislý na dotazu
    - První by měl získat relevantní stránky a poté začít hodnotit
  - Pomalejší než PageRank
- PageRank
  - Pro výsledné hodnocení stránky máme 1 hodnotu
  - Pro získání skóre využívá celý web
  - Nezávislý na dotazu
  - Velké množství rozšíření (např. závislost na dotazu)
  - Ve spojení s NN dosahuje lepší úspěšnosti než HITS

PageRank rozšíření

- Topic-Sensitive PageRank
- Query-Dependent PageRank
- Age-Based PageRank
  - Pomáhá nově vytvořeným stránkám dostat vyšší PageRank hodnocení
- Dirichlet PageRank
  - Stránky s malým počtem odkazů mají zvýšenou pravděpodobnost náhodného skoku
- Adaptive PageRank
  - Menší výpočetní náročnost
  - Dříve zastavíme iterace u stránek s malým PageRankem
  - Stránky s velkým PageRankem naopak iterujeme déle

Další algoritmy

- BlackRank
  - Model náhodného procházení více přibližuje k reálnému uživateli
  - Počítá i s návratem zpět na předchozí stránku
- WordRank
  - Odkazy mezi stránkami jsou váženy podobností jejich obsahu
  - Odkaz na podobnou stránku bude mít větší váhu
- FlexiRank
  - Spolupráce s uživatelem
  - Stránky jsou klasifikovány do kategorií (hlavní stránka, reklama, návod, …)
  - Nejdříve se hledají relevantní dokumenty a poté je uživatel dotázán o jakou kategorii má zájem

- Velké množství dalších algoritmů (viz užitečná literatura)

Hodnocení pomocí ML

- Potřebujeme kombinovat více příznaků pro vyhledávání
  - Relevance dokumentu (např. výstup BM25)
  - PageRank
  - Vytvoření dalších (vlastních) příznaků
    - TF
    - Obsahuje url něco z dotazu?
    - …
- Aplikace ML algoritmů, které na základě poskytnutých příznaků vyhodnotí výsledné skóre relevance

Užitečná literatura / kurzy

- Coursera kurz Text Retrieval and Search Engines
- Content and link-structure perspective of ranking webpages: A review
  - 2020 –přehled algoritmů pro vyhledávání na webu