Poglavje 3

Razvrščanje besedil

V prejšnjih dveh poglavjih so predlagane tehnike razvrščanja predpostavljale, da lahko razdaljo, ali pa podobnost med primeri enostavno izračunamo. Vsi naši primeri so bili opisani atributno in razdalja je bila lepo določena z, na primer, razdaljo v evklidskem prostoru. Podatke smo morali predobdelati in vsakega od atributov normalizirati, drugih, bolj kompleksnih priprav podatkov pa postopki razvrščanja niso zahtevali.

Drugače je na primer s tekstovnimi dokumenti, ali besedili. V tem poglavju bomo spoznali enostavno tehniko, ki nam tekstovne dokumente predstavi z vektorji pojavitve izbranih znakovnih nizov. Tu moramo opozoriti, da je besedilo tega poglavja enostavno in se ukvarja s tehnikami, ki so bile prevladujoče pred uporabo globokih mrež. S slednjimi se tu (še) ne bomo srečali, saj osnov zanje še nismo spoznali. Cilj nam je le spoznati možno pot do vektorske predstavitve besedil, nad katerimi lahko potem računami razdalje in podobnosti in jih uporabimo podobno kot v prejšnjih poglavjih.

Vzemimo, na primer, da moramo v skupine urediti naslednje tri novice:

> Na odru ljubljanske Drame se drevi ustavlja prva slovenska godba na pihala, ki že več kot 15 let preigrava skoraj izključno ulični džez New Orleansa. Cerkljanski Kar Češ Brass Band, ki neworleanški džez interpretira na svojevrsten in svež način, so v gledališče povabili v sklopu cikla Drama Akustika.

> Tretji oktobrski konec tedna na Ravnah na Koroškem zdaj že tradicionalno poteka Festival slovenskega jazza, katerega spremljajoči dogodki se na Koroškem vrstijo že od septembra. Tridnevni festivalski vrhunec je v Kulturnem centru Ravne odprl Big Band RTV Slovenija z vsestranskim glasbenikom Boštjanom Gombačem.

> Murskosoboški policisti so 33-letniku z območja Murske Sobote zasegli posušeno konopljo, sadike in gotovino, za katero sumijo, da jo je dobil s preprodajo. Pri tem so v hiši osumljenega odkrili poseben prostor za gojenje konoplje pod umetno svetlobo. V tem prostoru so našli in zasegli tudi 20 sadik konoplje, visokih do 90 centimetrov, in dober kilogram posušene oz. delno posušene konoplje.

Nam, ljudem, je ta razvrstitev enostavna. Zadnja, tretja novica, sodi v črno kroniko, prvi dve pa med kulturne novice.

Programsko razvrščanje novic s tehnikami iz prejšnjega poglavja pa ni trivialno. Očitno bomo morali določiti nove mere, ki nam bodo pomagale oceniti, kako različna so si med sabo besedila. Pristopi k razvrščanju dokumentov, ki jih predlagamo v tem poglavju, temeljijo na preoblikovanju besedil v atributno obliko, kjer je moč take mere določiti, da bi nato za razvrščanje uporabili tehnike, kot sta hierarhično razvrščanje v skupine in metodo voditeljev, ki jih že poznamo.

3.1 Elementi predstavitve besedilnih dokumentov

3.1.1 *k*-terke znakov

"Murskosoboški" lahko predstavimo z dvojkami "mu", "ur", "rs", ..., torej s pari znakov, ki si sledijo v zaporedju. Za vsak par lahko izračunamo frekvenco pojavitve v besedilu oziroma relativno frekvenco, ki je enaka ocenjeni verjetnosti pojavitve k-terke.

Število k-terk je veliko že za pare ($n = 2$), za večje vrednosti k pa jih je mnogo ali ogromno. V praksi se uporabljajo k-terke do $n = 5$. Zanimivo pa je, da je že porazdelitev dvojk lahko karakteristična za posamezne jezike in lahko na podlagi teh razpoznamo, v katerem jeziku je napisano določeno besedilo[1]. Za bolj zahtevne naloge je potrebno seveda uporabiti daljše k-terke.

Ta predstavitev je načelno enostavna, a jo precej oteži uporaba posebnih znakov, ki jih moramo ali upoštevati ali pa primerno predobdelati besedilo.

3.1.2 Besede

Dokumente lahko predstavimo z vrečo besed (angl. *bag of words*), to je s skupino besed in številom njihovih pojavitev v dokumentu. Pri tem lahko besedilo najprej predobdelamo:

- odstranimo manj pomembne besede (angl. *stop-words*), ki so za slovenščino na primer "in", "ali", "ter", ipd.

- vse besede nadomestimo z njihovimi koreni ali pa lemami. V računalništvu je lematizacija algoritmični postopek določevanja leme določeni besedi. Postopek ni enostaven in je tipično odvisen od jezika, v katerem je zapisano besedilo. Za angleščino je na primer znan Porterjev iskalnik korenov besed (angl. *Porter stemmer*), ki je sestavljen iz ročno izdelanih pravil[2].

[1] Glej `www.lingua-systems.com/language-identifier/lid-library/identify-language.html`

[2] Implementacija Porterjevega korenjenja v različnih programskih jezikih je dostopna na `http://tartarus.org/martin/PorterStemmer`

Predstavitev z vrečo besed zanemarja dejstvo, da je pomen besed mnogokrat odvisen od konteksta. Ista beseda ima lahko različne pomene, ali pa imajo isti pomen lahko različne besede. Prav tako nam taka predstavitev ne bo mogla razrešiti problema podpomenk in drugačnih povezav med različnimi izrazi.

Število pojavitev besed v dokumentu je seveda odvisno od dolžine dokumenta. Da ta vpliv izničimo, namesto števila pojavitev besed uporabljamo relativno frekvenco, to je verjetnost, da bi pri naključnem izboru besede iz dokumenta izbrali določeno besedo.

3.1.3 Fraze

Fraze so lahko k-terke besed, ki se v besedilu nahajajo neposredno druga ob drugi ali pa v bližnji okolici. Okolico lahko določa, na primer, okno zaporedja petih besed. Težava pri tej predstavitvi je, da je lahko možnih kombinacij že za pare besed ogromno. Pred leti je Google objavil svojo zbirko fraz [3], ki jih je odkril iz besedilnih dokumentov. Vsebovala je na primer 314.843.401 par besed, 977.069.902 trojki, 1,313,818,354 četvorčkov in 1,176,470,663 fraz s petimi besedami.

Uporaba fraz je smiselna ob souporabi fraznega korpusa, to je, baze že znanih oziroma izbranih fraz za določeno problemsko področje. Predstavitev z vrečo besed je načelno ustrezno moč dopolniti s frazami iz besedila, tako da vsaka fraza tvori nov atribut.

3.1.4 Besedne vrste

Koristi nam lahko tudi prepoznavanje besednih vrst (angl. *part-of-speech*), kot so imena ljudi, krajev, organizacij. Za prepoznavanje besednih vrst bomo morali uporabiti algoritme, ki znajo besedilo analizirati veliko globlje in pri tem uporabljajo lingvistično znanje ali pa vnaprej pripravljeni korpus. Seveda bo taka analiza tudi odvisna od uporabljenega jezika. Pri katerih besedah v spodnjem besedilu bi določitev besednih vrst lahko bila koristna pri analizi?

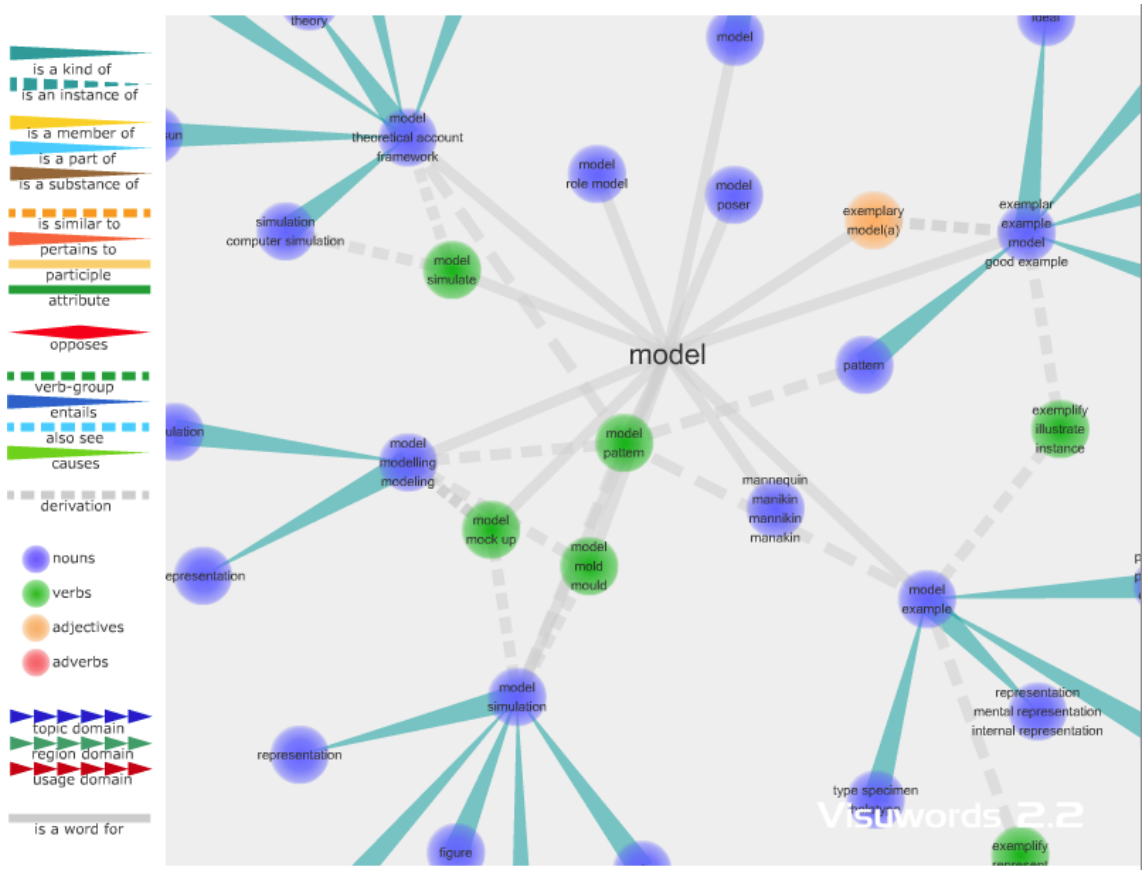
```
We walk down the dirty old street.
The mailbox stood on the walk.
We heard cries echoing in the night.
The babied cries all night.
```

3.1.5 Taksonomije

V splošnem se taksonomija nanaša na stopenjsko razvrstitev stvari. Pomaga nam pri ugotavljanju povezanosti med stvarmi, pri bolj podrobnih taksonomijah pa iz njih zvemo še za vrsto relacije. Primer take taksonomije za angleške besede je WordNet [4]. Odlična vizualizacija povezav med besedami, kjer je prikazan tudi pomen povezav, je dostopna na spletni strani Visuwords [5] (slika 3.1). Enostavnejša oblika zapisa take taksonomije je slovar sopomenk ali

[3] Glej `http://googleresearch.blogspot.com/2006/08/all-our-n-gram-are-belong-to-you.html`.
[4] WordNet je prosto dostopen na naslovu `http://wordnetweb.princeton.edu`.
[5] `http://www.visuwords.com/`

tezaver [6].



Slika 3.1: Del taksonomije okoli angleške besede “model”, kot jo prikaže spletna aplikacija Visuwords.

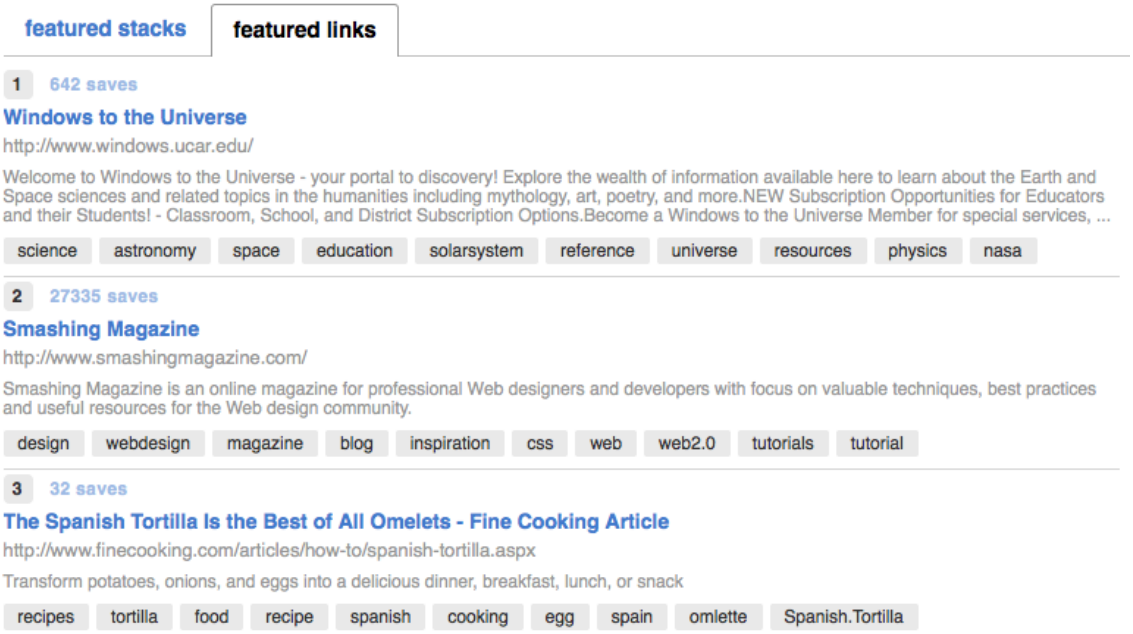
3.1.6 Slovnična analiza

K računalniškem razumevanju besedila bi seveda zelo pripomogla slovnična analiza. Uporabe tovrstnega globljega razumevanja besedila pri razvrščanju dokumentov je predmet velikega števila trenutnih raziskav. Prav možno je, da bodo v prihodnosti te, bolj kompleksne jezikovne tehnologije nadomestile plitvejše, statistične tehnike ki uporabljajo štetje parov črk ali preštevanje besed. A je prav enostavnost slednjih in točnost, ki jo omogočajo že ti izjemno preprosti pristopi ena od ovir za prevlado bolj kompleksnih tehnologij.

[6] Glej npr. `http://www.tezaver.si/`.

3.1.7 Uporaba pripadajočih oznak

Mnogo dokumentov je danes označenih. Naj bodo to spletne strani (npr. `del.icio.us`), dokumenti v raznih zbirkah, zapisi v programu EverNotes, seznami bibliografskih enot v skladiščih povzetkov CiteULike[7] ali PubMed[8]. Oznake so lahko bile prosto izbrane, ali pa vzete iz posebej za to določenega slovarja ali pa ontologije. Dokumente lahko označujejo vsi, ki imajo do njih dostop, ali pa samo pooblaščeni uporabniki ali kuratorji. V vsakem primeru nam oznake lahko služijo kot osnova za predstavitev vsebine dokumentov in zamenjujejo ali pa dopolnjujejo elemente, kot smo jih predstavili zgoraj.



Slika 3.2: Oznake spletnih strani, kot so jih uporabniki določili v družabnem okolju del.icio.us.

3.2 Ocenjevanje podobnosti med dokumenti

V tem besedilu se bomo omejili na najpreprostejšo obliko predstavitve, kjer besedilni dokument predstavimo z vektorjem enot in njihovo frekvenco ali relativno frekvenco. Nestrukturiran dokument torej predstavimo z atributnim jezikom. Ker je atributov lahko zelo veliko, in ker vsi dokumenti nimajo nujno določene vse atribute, je matrika z dokumenti v vrsticah in vrednosti atributov v kolonah zelo prazna. Namesto te predstavitve lahko zato uporabimo slovar, z elementi kot ključi in njihovimi frekvencami kot vrednostmi.

[7] `www.citeulike.org`
[8] `http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/`

3.2.1 Transformacija tf-idf

Pogostost elementa (besede, terke) v dokumentu je enostavno število pojavitev tega elementa v dokumentu. Če bi uporabljali to število, bi prihajalo do večjih razlik med daljšimi in krajšimi dokumenti. Zato pogostost pojavitve normaliziramo in namesto njih uporabljamo relativne frekvence, oziroma iz dokumenta ocenimo verjetnosti pojavitve določenega elementa. To označimo z $\text{tf}(t, d)$ (angl. *term frequency*).

Načelno imamo raje elemente, ki se pojavljajo v manj dokumentih in so zaradi tega bolj specifični. Na osnovi elementov, ki se pojavijo v večini dokumentov, bi te zelo težko razlikovali. Zato uvedemo pojem inverzne frekvence v dokumentih (angl. *inverse document frequency*), ki jo uporabljamo kot splošno mero za pomembnost določenega elementa:

$$\text{idf}(t) = \log \frac{|D|}{|\{d : t \in d\}|}$$

kjer je $|D|$ število dokumentov v množici dokumentov D in $|\{d : t \in d\}|$ število dokumentov, ki vsebujejo element t (torej, kjer je $\text{tf}(t, d) \neq 0$). Če elementa ni v korpusu, bi zgornje vodilo k deljenju z 0. Zato lahko zgornji izraz prilagodimo in zapišemo $1 + |\{d : t \in d\}|$.

Utež elementa t v danem dokumentu d je potem zmnožek njegove frekvence v tem dokumentu in splošne pomembnosti tega elementa:

$$\text{tf-idf}(t, d) = \text{tf}(t, d) \times \text{idf}(t)$$

3.2.2 Kosinusna podobnost

Čeprav bi za merjenje razdalj med vektorji, ki predstavljajo dokumente, lahko uporabljali tudi Evklidsko razdaljo (glej prejšnje poglavje), se ta na področju obravnave besedilnih dokumentov ne uporablja. Razlog je preprost. Imejmo dva vektorja, X in Y in predpostavimo, da sta zelo različnih velikosti, a da kažeta v isto smer. Evklidska razdalja med njima je lahko večja kot med vektorjema, ki bi bila kratka, a kazala v popolnoma različne smeri. Na področju besedilnih dokumentov smer vektorja ustreza specifičnemu profilu dokumenta v smislu vsebovanosti posameznih elementov. Pomembna je smer, kamor kaže vektor, in manj (ali pa čisto nič) njegova dolžina. Razliko med smerjo dveh vektorjev lahko merimo s kotom med vektorji, ta pa je proporcionalna kosinusu kotov. Za dva vektorja $\mathbf{a}$ in $\mathbf{b}$ velja:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = ||\mathbf{a}|| \, ||\mathbf{b}|| \cos\theta$$

Podobnost med primeroma X in Y lahko zato zapišemo kot:

$$\text{sim}(X, Y) = \cos(\theta) = \frac{X \cdot Y}{||X|| \, ||Y||} = \frac{\sum_{i=1}^{m} X_i \times Y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} (X_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (Y_i)^2}}$$

3.2.3 Podobnost po Jaccardu

Kadar imamo opraviti z oznakami (torej, ne z besedami iz besedila, pri katerih poleg vsebnosti opazujemo tudi število pojavitev) je poleg kosinusne razdalje smiselno opazovati tudi podobnost po Jaccardu:

$$J(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|}$$

Tu so dokumenti predstavljeni z množico oznak, kjer je $X \cup Y$ množica oznak uporabljena pri vsaj enem od obeh dokumentov, $X \cap Y$ pa množica oznak, ki so skupne obema dokumentoma.