

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
DATORIKAS FAKULTĀTE

**DAUDZVALODĪGU JĒDZIENTELPU PIELIETOJUMS  
NODOMU NOTEIKŠANĀ**

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Viktorija Leimane**

Studenta apliecības Nr.: v116047

Darba vadītājs: Dr.sc.comp. Kaspars Balodis

RĪGA 2022

## SATURS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS .....	3
IEVADS .....	4
1 JĒDZIENTELPA .....	5
2 MODEĻI .....	10
2.1 Continuous Bag-of-Words .....	10
2.2 Continuous Skip-gram Model .....	10
2.3 Modeļu performance/salīdzinājums/rezultāti.....	11
3 NODOMU NOTEIKŠANA .....	12
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI .....	13
PIELIKUMS .....	14

## **APZĪMĒJUMU SARAKSTS**

NLP (natural language processing) - dabisko valodu apstrāde

Jēdzientelpa – (word embeddings) vārdu vai frāžu attēlojums daudzdimensionālā vektoru telpā

Word2Vec – (word to vector) jēdzientelpas implementācija, kurā individuālus vārdus aizstāj daudzdimensionāli vektori

PCA (principal component analysis) - galveno komponentu analīze

## IEVADS

Arvien lielāku daļu tirgus pārņem pakalpojumu industrija (% ES), un pakalpojumi arvien biežāk tiek piedāvāti globāli/starptautiski. Tam ir nepieciešams lietotāju dzimtās valodas atbalsts gan valstu valodu regulējumam, gan tirgus nišas ieņemšanas/tirgus konkurences dēļ (% ES iedzīvotāju svarīgi saņemt pakalpojumu savā dzimtajā valodā).

Uzņēmumiem tas galvenokārt ir izdevīgi, jo ļauj samazināt personālizdevumus (% pakalpojumu nozares uzņēmuma izdevumu). Tas savukārt samazina barjeru dalībai/iekļūšanai starptautiskā tirgū, kas nozīmē lielāku konkurenci un piedāvāto pakalpojumu daudzveidību. Lietotājiem, kuru dzimto valodu pārvalda mazs cilvēku skaits kā tas ir, piemēram, latviešu valodā, ir pieejami pakalpojumi, kuru tulkojumus būtu ekonomiski nerentabli nodrošināt ar algotu profesionālu personālu.

Darbā apskatītā metode nodrošina automatizāciju divos veidos: virtuālais asistents aizvieto klientu apkalpošanas speciālistu daudzvalodīgs modelis aizvieto profesionālu tulkotāju.

Darbs ir sadalīts teorētiskajā un praktiskajā daļā. Teorētiskajā daļā ir īsi aprakstīti mūsdienu modeļi un pieejas. Praktiskajā daļā ir veikti eksperimenti ar mērķi pielietot daudzvalodīgus modeļus un salīdzināt tos ar esošiem risinājumiem.

## 1. JĒDZIENTELPA

Jēdzientelpa ir vārdu vai frāžu attēlojums daudzdimensionālā vektoru telpā. Jēdzientelpas no teksta korpusa iegūst ar neironu tīkliem, kuri uztver kontekstu no tuvākajiem vārdiem tekstā.

One hot encoding (vienizcēluma kodējums) dabiskās valodas apstrādē ir vektors, kurā katrs vektora elements ir sasaistīts ar vārdu krājuma elementu. Līdz ar to katrs vārds ir vektors, kurā atbilstošais elements ir 1 un visi pārējie elementi ir 0. Piemēram, ja vārdu krājumā ir četri vārdi: karalis, karaliene, sieviete, vīrietis, karaliene tiktu kodēta kā  $[0, 1, 0, 0]$  [1].

Vektora garuma sasaiste ar vārdu krājuma izmēru ir trūkums, jo vārdu vektori ir cieši savienoti (coupled) ar korpusu un statistiski, piemēram, pievienot jaunu vārdu nozīmē katram esošajam vārdu vektoram pievienot papildus nulli (nāktos pārtrennēt visu modeli(?)). Tāpat palielinoties dimensiju skaitam telpa pieaug tik strauji, ka daudzdimensiju telpām raksturīgs sparsity (neblīvums/izretinātība): one-hot encoding vektorā ir tikai viens nenulles elements un korpusos mēdz būt miljardiem vārdu. Visbeidzot one-hot encoding nesatur kontekstuālu vārdu nozīmi, nav korelācijas starp vārdiem ar līdzīgu nozīmi un lietojumu [1].

Atšķirībā no dabisko valodu apstrādes metodēm, kas katru vārdu uztver kā vienu atsevišķu vienību un tādēļ vienīgā iespējamā darbība ar vārdiem ir pārbaudīt vienādību, katras jēdzientelpas vektora vērtības ietekmē vārdi tiem apkārt (distributed representation) un būtībā jēdzientelpas uztver attiecības starp vārdiem. Rezultātā vārdam atbilstošais vektors satur semantisku un sintaktisku informāciju par vārdu. No tā izriet praktiskā implikācija - ar vektoriem var darīt lineāro algebru - saskaitīt, atņemt utml [1].

Vārdus ir daudz grūtāk salīdzināt nekā skaitļus, tādēļ mēs piešķiram vārdiem vektorus). Tomēr vārdi apraksta objektus ar noteiktām kvantificējamām īpašībām, piemēram, vieglāks/smagāks (masa), lētāks/dārgāks (cena). Šādai reprezentācijai ir jēga, jo dažādus objektus var salīdzināt savā starpā pēc īpašību vērtības jeb izteiktības pakāpes, piemēram, velosipēds ir vieglāks nekā mašīna. Tādā veidā vārda attēlojums tiek sadalīts pa visiem vektora elementiem, un katrs elements pievieno nozīmi daudziem vārdiem (1.1 attēls). Zinot, ka objektu īpašību skaitliska reprezentācija palīdz tos salīdzināt, atklājas jēga kvantitatīvi izteikt semantiku, tādējādi vārdi tiek attēloti veidā, kas izsaka to nozīmi (caur kontekstu).

Cilvēkiem uztverama jēdzientelpu analogija ir krāsas nosaukums un tam atbilstošais vektors RGB krāsu modelī ar R, G un B koordinātēm no 0 līdz 255, piemēram, red = (255, 0, 0). Ar krāsu



1.1. att. Vārdu vektoru piemērs, kur katra dimensija ir novērtēta ar svāriem un atbilst hipotētiskai vārda nozīmes niansei [1].

jēdzientelpām ir iespējams veikt saskaitīšanu un atņemšanu, kam ir fizikāla nozīme [2].

Atrast tuvākās krāsas sarkanam.

```
closest(colors, colors['red'])
# red (229, 0, 0)
# fire engine red (254, 0, 2)
# bright red (255, 0, 13)
# tomato red (236, 45, 1)
# cherry red (247, 2, 42)
```

Operācijas ar vektoriem darbojas gan krāsu nosaukumiem semantiski, gan skaitliskiem vektoriem krāsu telpā. Piemēram, tuvākais vektors violeta un sarkana starpībai ir zils, kas atbilst cilvēku intuīcijai par RGB krāsām.

$$\text{purple} - \text{red} = \text{blue}$$

$$(126, 30, 156) - (229, 0, 0) = (-103, 30, 156)$$

```
closest(colors, subtractv(colors['purple'], colors['red']))
# cobalt blue (3, 10, 167)
# royal blue (5, 4, 170)
# darkish blue (1, 65, 130)
# true blue (1, 15, 204)
# royal (12, 23, 147)
```

Tā saskaitot zaļu un zilu rodas kaut kas pa vidu - tirkīzs.

$$blue + green = turquoise$$

$$(3, 67, 223) + (21, 176, 26) = (24, 243, 249)$$

```
closest(colors, addv(colors['blue'], colors['green']))
# bright turquoise (15, 254, 249)
# bright light blue (38, 247, 253)
# bright aqua (11, 249, 234)
# cyan (0, 255, 255)
# neon blue (4, 217, 255)
```

No vektoru operācijām var nolasīt secinājumus par semantiskajām attiecībām starp vārdiem, piemēram, rozā sarkanam ir tas pats, kas gaiši zils zilam.

$$pink - red + blue = lightblue$$

$$(255, 129, 192) - (229, 0, 0) + (3, 67, 223) = (29, 196, 415)$$

```
closest(colors, addv(subtractv(colors['pink'], colors['red']), colors['blue
                                ']))
# neon blue (4, 217, 255)
# bright sky blue (2, 204, 254)
# bright light blue (38, 247, 253)
# cyan (0, 255, 255)
# bright cyan (65, 253, 254)
```

Izrādās tādas pašas sakarības kādas ir krāsu nosaukumiem un to attēlojumiem krāsu telpā ir spēkā jebkuram vārdam (1.2 tabula). Vārdi, kuri bieži atrodas līdzīgos kontekstos, ir tuvāki nozīmē. Jēdzientelpas ietver gan sintaktiskas, gan semantiskas attiecības starp vārdiem. Jāuzsver, ka tādas semantiskas attiecības kā valsts-galvaspilsēta nav eksplicīti uzdotas, jēdzientelpu modelis tās ir novērojis tikai balstoties uz vārdu atrašanās vietām teksta korpusā. Iespēja trennēt modeli uz neanotētiem datiem kā šajā gadījumā samazina modeļa izmaksas valodām, kurās anotēti dati ir mazāk pieejami, un daudzkārt palielina potenciālās treniņu kopas apjomu, kas parasti ļauj sasniegt lielāku precizitāti.

Spēja noteikt sintaktisku un semantisku vārdu attiecības ir īpaši būtiska virtuālo asistentu jomā, jo, pirmkārt, semantiski līdzīgiem nodomiem ir līdzīgi vektori, tātad tie vienādi klasificēsies, otrkārt, informācija par sintakses attiecībām noder, jo lietotāji ievada jautājumus brīvā formā un tas ir it īpaši svarīgi fleksīvām valodām kā latviešu.

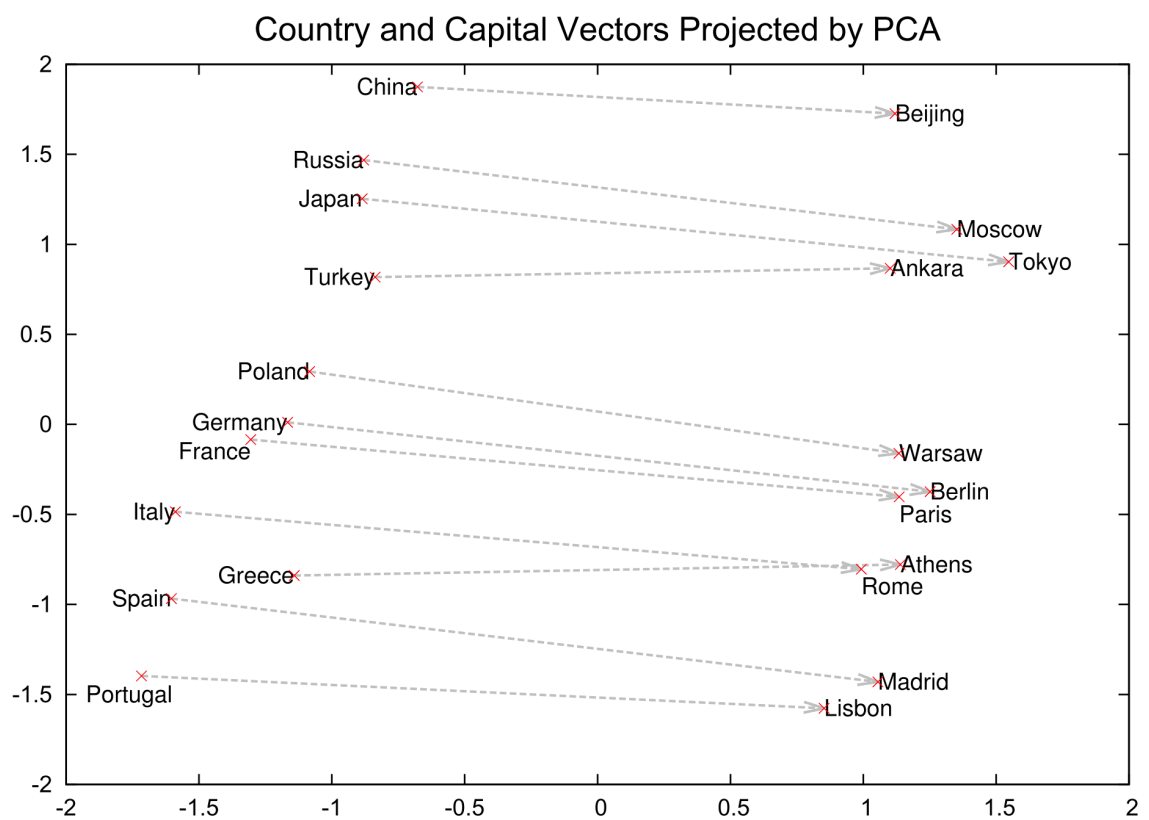
1.1. tabula

<b>Semantisko attiecību piemēri</b>	
attiecība	piemērs
valsts-galvaspilsēta	Parīze - Francija + Itālija = Roma
valsts-valūta	dolāri - ASV + Latvija = eiro
vīrietis-sieviete	karalis - vīrietis + sieviete = karaliene

1.2. tabula

<b>Sintaktisko attiecību piemēri</b>	
attiecība	piemērs
daudzskaitlis	pele - peles
pagātnē	staigā - staigāja
salīdzināmā pakāpe	labs - labāks





**1.2. att. Divdimensionāla PCA projekcija uzrāda attiecības starp valstu un galvaspilsētu jēdzien-**  
**telpām**

## 2. MODEĻI

Continuous Bag-of-Words (CBOW) un Continuous Skip-gram Model ir neironu tīklu arhitektūras jēdzientelpu izveidei balstoties uz teksta korpusa. CBOW modelī (konteksta distributed representation jeb) apkārt esošos vārdus izmanto vidū esošā vārda paredzēšanai. Skip-gram modelī vārda vektoru izmanto konteksta paredzēšanai.

Ideja un cosine of the angle [https://en.wikipedia.org/wiki/Vector\\_space\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_space_model)  
test [3].  
test2 [4].

### 2.1. Continuous Bag-of-Words

Bag-of-Words apzīmē vārdu grupu nesaglabājot kārību. Vienā izlasē (bag) vārda tuvums mērķa vārdam konkrētā izlasē nav tik svarīgs, atkārtotot procesu uz korpusa no konteksta tāpat tiks sīkāk (granulētāk) izšķirti svāri tuvākajiem vārdiem, piemēram, Rīga un Latvija būs tuvumā 1000 reizes biežāk nekā Rīga un sniegs.

CBOW (Continuous Bag-of-Words) metodē neironu tīkls mēģina uzminēt esošo (vidējo) vārdu no  $n$  iepriekšējiem un  $n$  nākošajiem vārdiem. Procesu atkārtotot, vārdiem, kas bieži parādās vienā kontekstā, būs līdzīgi vektori. Pēc distributional hypothesis vārdi, kas atrodas līdzīgos kontekstos, ir ar līdzīgu nozīmi [3].

### 2.2. Continuous Skip-gram Model

Koncepts ir uztrennēt neironu tīklu ar slēpto slāni (hidden layer) un izmantot slēptā slāņa svarus kā vārdu vektorus. Mērķis/koncepts ir iegūt slēptā slāņa svarus, kas patiesībā arī ir vārdu vektori.

Uzdevums ir no input vārda (vārdu pa vārdam) paredzēt apkārt esošos vārdus. Kaimiņu vārdu skaits - loga lielums (window size) ir hiperparametrs

[attēls ar modeli, caption dimensijas] Dimensijas Input vector  $1 \times V$  — where  $V$  is the number of words in the vocabulary The single hidden layer will have dimension  $V \times E$ , where  $E$  is the size of the word embedding and is a hyper-parameter. The output from the hidden layer would be of the dimension  $1 \times E$ , which we will feed into an softmax layer. The dimensions of the output layer will be  $1 \times V$ , where each value in the vector will be the probability score of the target word at that position.

[piemērs]

[5]

### **2.3. Modeļu performance/salīdzinājums/rezultāti**

Metožu priekšrocība ir tajā, ka nav nepieciešama anotēta treniņu datu kopa, trennēšanai izmanto lielu tekstu korpusu (internetā ir daudz lielu teksta korpusu).

”Skip-gram works well with a small amount of the training data, represents well even rare words or phrases. CBOW several times faster to train than the skip-gram, slightly better accuracy for the frequent words.” <https://groups.google.com/g/word2vec-toolkit/c/NLvYXU99cAM/m/E5ld8LcDx1AJ>

### 3. NODOMU NOTEIKŠANA

Nodomu noteikšana ir klasifikācijas uzdevums: attēlot lietotāja brīvā valodā rakstītu pieprasījumu uz visiespējamāko nolūku. Nodomu noteikšanai lieto neironu tīklu klasifikatoru, kas mācās no anotētas datu kopas - lietotāju ievades tekstiem un atbilstošajiem klientu apkalpošanas speciālista identificētajiem lietotāja nodomiem. Ierobežotās apmācību kopas dēļ dialogsistēmas/virtuālie asistenti var atbildēt uz ierobežotu jautājumu klāstu, piemēram, aptverot bieži uzdotos jautājumus (Frequently Asked Questions, FAQ) [6].

Jāpiebilst, ka labuma gūšanai no nodomu noteikšanas automatizācijas nav nepieciešams pārklāt 100% lietotāju pieprasījumu. Veiksmīgas izmantošanas piemērs telekomunikāciju industrijā validācijā izmantoja 1732 klientu pieprasījumu datu kopu anotētu ar attiecīgajiem nolūkiem. Šajā gadījumā divi visbiežākie nodomi ir rēķina atlikšana (356 pieprasījumi; 21% datu kopas) un nokavēta rēķina maksājuma apstiprināšana (207 pieprasījumi; 12% datu kopas). Trīs mēnešus ilgā eksperimentālā pētījuma tika apstrādāti 14000 lietotāju pieprasījumi. Sākotnējos testos nodomu noteikšana un izvēlēta atbildes veidne bija precīza 90% gadījumu, eksperimenta gaitā iegūtie dati ļāva uzlabot nodomu noteikšanu par 2%, tātad klientu apkalpošanas speciālistiem bija jāveic izmaiņas tikai 8% pieprasījumu rēķinu kategorijā [7].

Tipiski soļi nodomu noteikšanas biznesa pielietojumā:

1. Atrast visbiežākos pieprasījumu tipus;
2. Sagatavot atbildes veidni (template);
3. Nodomu noteikšanas sistēma identificē, vai lietotāja pieprasījums pieder iepriekšdefinētajiem tiptiem un izdod potenciālo atbildi;
4. Klientu apkalpošanas speciālists izvērtē un koriģē atbildi pirms nosūtīšanas;
5. Automātiski uzlabot nodomu noteikšanas sistēmu, balstoties uz speciālista veiktajām korekcijām [7].

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

- [1] Adrian Colyer. *The amazing power of word vectors*. 2016. URL: <https://blog.acolyer.org/2016/04/21/the-amazing-power-of-word-vectors/>.
- [2] Allison Parrish. *Understanding word vectors*. 2017. URL: <https://gist.github.com/aparrish/2f562e3737544cf29aaf1af30362f469>.
- [3] Tomás Mikolov u. c. „Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space”. (2013). arXiv: 1301.3781 [cs.CL]. URL: <https://arxiv.org/abs/1301.3781v3>.
- [4] Tomás Mikolov, Quoc V. Le un Ilya Sutskever. „Exploiting Similarities among Languages for Machine Translation”. (2013). arXiv: 1309.4168 [cs.CL]. URL: <http://arxiv.org/abs/1309.4168>.
- [5] Chris McCormick. *Word2Vec Tutorial - The Skip-Gram Model*. 2016. URL: <http://mccormickml.com/2016/04/19/word2vec-tutorial-the-skip-gram-model/>.
- [6] Kaspars Balodis un Daiga Dekšne. „FastText-Based Intent Detection for Inflected Languages”. *Information* 10.5:161 (2019). ISSN: 2078-2489. DOI: 10.3390/info10050161. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/10/5/161>.
- [7] Pēteris Paikens, Artūrs Znotiņš un Guntis Bārzdīņš. „Human-in-the-Loop Conversation Agent for Customer Service”. *Natural Language Processing and Information Systems*. Izdevis Elisabeth Métais u. c. Cham: Springer International Publishing, 2020, 277.—284. lpp. ISBN: 978-3-030-51310-8. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51310-8\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51310-8_25). URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51310-8\\_25](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51310-8_25).

## PIELIKUMS

### Kods

Koda piemērs literatūras ievadā. Krāsu dati "xkcd.json" <https://github.com/dariusk/corpora/blob/master/data/colors/xkcd.json>.

Ideja un hex\_to\_int un closest funkcijas [2], pārējās pārrakstītas ātrdarbībai ar numpy.

```
import numpy as np
import json

def hex_to_int(s):
    s = s.lstrip("#")
    return int(s[:2], 16), int(s[2:4], 16), int(s[4:6], 16)

def distance(coord1, coord2):
    """Euclidean distance between two points
    """
    return np.sqrt(np.sum(np.subtract(coord1, coord2)**2))

def subtractv(coord1, coord2):
    """coord1 - coord2
    """
    return np.subtract(coord1, coord2)

def addv(coord1, coord2):
    """coord1 + coord2
    """
    return np.sum([coord1, coord2], axis=0)

def closest(space, coord, n=10):
    closest = []
    for key in sorted(space.keys(),
                      key=lambda x: distance(coord, space[x]))[:n]:
```

```
        closest.append(key)
    return closest

color_data = json.loads(open("xkcd.json").read())

colors = dict()
for item in color_data['colors']:
    colors[item["color"]] = hex_to_int(item["hex"])
```