

# Prepoznavanje uporabnika tipkovnice

## Matematično modeliranje

Leon Modic

Matej Miočič

Andraž Rozman

Mentor: *doc. dr. Aljaž Zalar*

7. junij 2020

## 1 Opis problema

Različni ljudje razvijemo različne stile tipkanja. Naloga je napisati program, ki bo na podlagi količin, ki jih lahko izmerimo pri tipkanju (kot je časovni zamik med posameznimi pari znakov), prepoznal uporabnika tipkovnice.

## 2 Opis matematičnega modela

Izbrali smo 47 tipk na tipkovnici in za vsakega uporabnika smo ustvarili več učnih primerov matrik povprečnih časov velikosti  $47 \times 47$

$$timesAverage^{47 \times 47} = \begin{bmatrix} 0.1301 & 0.0 & \dots & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & \dots & 0.0 & 0.0 \\ \vdots & & & \vdots & \\ 0.0 & 0.122 & \dots & 0.0 & 0.1 \\ 0.0 & 0.0 & \dots & 0.735 & 0.0 \end{bmatrix}$$

Za vsakega izmed  $n$  uporabnikov znotraj mape **data/** se ustvarili  $A_i$  matriko (torej  $A_{aljaz}$ ,  $A_{andraz}$ ,  $A_{leon}$ ,  $A_{Matej}$ ), ki je sestavljena iz matrix povprečnih časov za vsa merjenja določenega uporabnika.

$$A_i = \begin{bmatrix} p_1 & p_2 & \dots & p_m \end{bmatrix}$$

Kjer so  $p_i$   $2209 \times 1$  vektorji sestavljeni iz stolpcev matrike povprečnih časov ( $timesAverage$ ) zloženi eden nad drugega. Nato naredimo SVD razcep:

$$A_i = U_i S_i V_i^T$$

$$U_i S_i y_i = b \rightarrow y_i = (U_i S_i)^+ b$$

$$y_i = V_i^T x$$

$b$  je  $2209 \times 1$  vektor sestavljen iz stolpcev matrike povprečnih časov, ki se je generirala za trenutno osebo, kateri želimo določiti ime. Ime domnevne osebe smo določili tako, da smo posikali najmanjšo normo  $\|b - A_i x\|$  in vrnili ime na mestu  $i$ .

$$\min_{0 \leq i < n} (\|b - A_i x\|) = \min_{0 \leq i < n} (\|U_i^T b - S_i y_i\|)$$

To velja ker če naredimo SVD razcep matrike  $A_i$  ugotovimo

$$b - A_i x = b - U_i S_i V_i^T x$$

In če nato pomnožimo celoten izraz z  $U_i^T$  dobimo

$$U_i^T b - U_i^T U_i S_i V_i^T x = U_i^T b - S_i V_i^T x = U_i^T b - S_i y_i$$

V drugem členu se  $U_i^T U_i$  pokrajša, ker je  $U_i$  ortogonalna matrika in velja  $U_i^T U_i = I$ . Na koncu pa po definiciji  $y_i$  nadomestimo  $V_i^T x$  z  $y_i$ . Ker je  $V_i$  tudi ortogonalna matrika, lahko iz  $y_i = V_i^T x$  sklepamo da sta normi  $|x_i|$  in  $|y_i|$  enaki, saj ortogonalne matrike spreminjajo le smer vektorjev, ne pa njihovih norm.

Za vsakega uporabnika dodamo normo (z uporabnikovo  $A_i$  matriko) v seznam norm na mesto  $i$ , in izmed teh norm nato izberemo  $i$  najmanjše.

$$names = \begin{bmatrix} "aljaz" \\ "andraz" \\ "leon" \\ "Matej" \end{bmatrix}, norms = \begin{bmatrix} 1.92 \\ 1.2 \\ 1.44 \\ 1.35 \end{bmatrix}$$

V tem primeru bi torej bil indeks najmanjše norme 1 in naš program bi vrnil "aljaz" kot ime prepoznane uporabnika.

Vse vrednosti v tem poglavju so naključne in so tu zgolj za ralago na primeih.

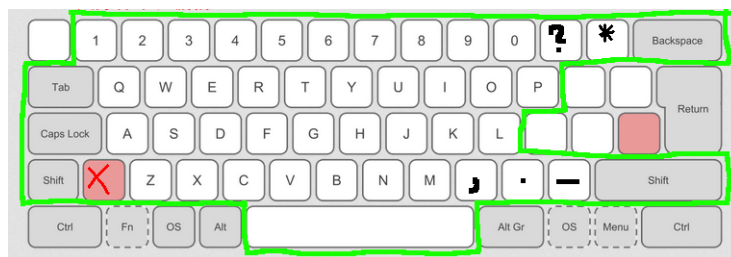
### 3 Opis programske kode

V našem projektu smo naredili dve funkciji za uporabnike: **main** in *saveMeasure*. S klicem funkcije *main* uporabnik prične postopek ustvarjanja matrike, ki ga konča s pritiskom tipke *escape*. Nato funkcija na podlagi ustvarjene matrike in drugih predhodno ustvarjenih matrik s *saveMeasure*, prepozna uporabnika ali pa izpiše napako, če to ni mogoče. Ta proces deluje le, če je bilo ustvarjenih dovolj matrik s funkcijo *saveMeasure*.

Funkcija **saveMeasure** sprejme tri argumente. Prvi (*user*) je tipa niz in označuje ime uporabnika, drugi (*text*) je tipa niz in označuje naslov besedila, tretji (*i*) pa je celoštevilskega tipa in predstavlja zaporedno številko matrike za dan naslov. Ob klicu funkcije z veljavnimi argumenti, se znotraj mape *data* ustvari mapa z imenom uporabnika *user* in znotraj te mape še mapa z imenom besedila *text*, če katera od teh dveh map ne obstaja. Nato se kliče funkcija *startMeasure* in prične se proces stvaritve matrike  $i$ . Ko *startMeasure* vrne matriko, jo funkcija *saveMeasure* shrani v prej omenjeno mapo.

Funkcija **startMeasure** ne sprejme nobenega argumenta. Najprej ustvari tabelo veljavnih tipk, *keys*. To so črke angleške abecede, številke, ... Vse veljavne

tipke so vidne na spodnji sliki (slika 1). Ker je vseh veljavnih tipk 47, funkcija inicializira dve  $47 \times 47$  matriki. Prva (*times*) beleži vsoto časovnih razlik med pritiski dveh tipk, druga (*n*) pa število teh pritiskov. Glavna while zanka funkcije se izvaja dokler ne pritisnemo tipke *escape*. Na začetku vsake iteracije kličemo funkcijo *KbQueueCheck*, ki vrne informacijo če je bil zaznan pritisk tipke, ter tabelo tipk, ki so bile pritisnjene. Funkcija *KbQueueCheck* je del vmesnika *PsychToolbox*, ki je potreben za izvajanje našega programa. Za delovanje funkcije *KbQueueCheck* pa je sta potrebna klica funkcij *KbQueueCreate* in *KbQueueStart* še pred zanko. Nato s pomočjo funkcije *find* preslikamo kodo tipke v indeks tipke znotraj tabele *keys*. Če je preslikava trenutno pritisnjene tipke ter zadnje tipke veljavna, zabeležimo pritisk kombinacije teh dveh tipk in izračunamo ter prištejemo časovno razliko med tem in zadnjim pritiskom. Ko zaključimo while zanko izračunamo matriko povprečnih časov med dvema tipkama, *timesAverage*, ki jo funkcija tudi vrne, z naslednjim ukazom (ki tudi prepreči deljenje z 0):  $\text{timesAverage} = \text{times} ./ (\text{n} + (\text{n} == 0))$ .



Slika 1: Veljavne tipke

Za shranjevanje učnih datotek smo se odločili za posebno strukturo map in datotek, ki je razvidna v funkciji *mainCalculate*. Na začetku se premaknemo v mapo data, ki vsebuje mape z imeni oseb, ki so sodelovali pri projektu. To pomeni, da so pretipkali določen tekst in shranili matriko s funkcijo *saveMeasure*.

Nato se z zankami premikamo po mapah. S prvo zanko shranimo ime lastnika testov v spremenljivko *userDirTemp* z ukazom *ls*. Spremenljivko še transponiramo, da dobimo imena v vrsticah. Nato odstranimo presledke in imena dodamo v matriko names za kasnejšo uporabo.

Potem generiramo matriko  $A_i$ . Matrika je velikosti  $2209 \times m$  (kjer  $m$  predstavlja število testnih primerov), ki vsebuje meritve s povprečnimi časi med tipkami.

Podobno kot prej se z zankami najprej premaknemo v mapo z imeni. Nato se premaknemo v mapo, ki vsebuje učne datoteke, glede na besedilo. Še z zadnjo zanko pa naložimo učno datoteko (matriko  $47 \times 47$ ) v spremenljivko  $X$ .  $X$  nato pretvorimo v vektor in dodamo k matriki  $A_i$ .

Ko dobimo matriko  $A_i$  za enega izmed testnih oseb, naredimo SVD razcep, izračunamo normo  $\|U_i^T b - S_i y_i\|$  in le-to dodamo v seznam norm. V  $S_i$  matriki gledamo le vrednosti večje od dolčene tolerance (po nekaj poizkušanja smo prišli do zaključka da 0.1 deluje dovolj v redu).

Funkcija pa poleg imena vrača tudi *relError*, ki je relativna napaka  $1 - \frac{\|U_i^T b - S_i y_i\|}{\|b\|}$  in s pomočjo le te lahko program določi če oseba, ki piše ni v učnem naboru in/ali tipkanje nima smiselne matrike povprečnih časov.

## 4 Rezultati in komentarji rezultatov

Uspešne rezultate smo dobivali že v začetku izdelave projekta. Najprej smo si izbrali besedilo dolgo približno 1000 znakov. Vsak izmed udeležencev ga je prepisal petkrat. Tako smo imeli shranjenih 15 testnih matrik. Ko smo testirali program na istem besedilu (pretipkali smo isto besedilo), nas je program prepoznal. Poizkusili smo tudi na drugih besedilih, vendar smo dobili malo manj zanesljive odgovore.

Sklenili smo, da bomo dodali več testnih matrik, tokrat z različnimi besedili. Dodali smo še 8 različnih besedil, s povprečno 500 znaki vsak. Tokrat smo prepisali vsako besedilo samo enkrat. Dobili smo zelo pozitivne rezultate, saj nas je program zanesljivo prepoznal po treh stavkih.

Razumljivo pa je, da program ne bo zanesljivo prepoznal uporabnika tipkovnice, če prepišemo prekratko besedilo, in bo vračal različne odgovore, tudi če ga prepiše ista oseba:

```
minimal norm: 0.933468  
we know who you are, Matej >:)  
>> This is a very short text.
```

Slika 2: Test1 programa z zelo kratkim besedilom.

```
minimal norm: 0.726528  
we know who you are, andraz >:)  
>> This is a very short text.
```

Slika 3: Test2 programa z zelo kratkim besedilom.

## 5 Razdelitev dela v skupini

Večinoma smo vso kodo pisali tako, da je tisti, ki je delil zaslon dejansko tipkal, skupaj pa smo razmišljali kaj naj se napiše.

## 6 Reference in Github repozitorij

Vso kodo smo sproti shranjevali v Github repozitorij.

Reference:

- <http://psychotoolbox.org/docs/Psychotoolbox.html>
- [https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/28073/mod\\_page/content/81/A43-prepoznavanje\\_stevk.pdf](https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/28073/mod_page/content/81/A43-prepoznavanje_stevk.pdf)
- [https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/28073/mod\\_page/content/81/A411-prepoznavanje\\_uporabnika.pdf](https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/28073/mod_page/content/81/A411-prepoznavanje_uporabnika.pdf)