

Digitalni zapis podataka

Predavanje 9

23. decembar 2022.

Sadržaj

1 Vizuelizacija podataka

2 Zadatak

3 Zvuk

4 Digitalizacija zvuka

Sadržaj

- 1 Vizuelizacija podataka
- 2 Zadatak
- 3 Zvuk
- 4 Digitalizacija zvuka

Vizuelizacija podataka

- Vizuelizacija podataka je grafičko predstavljanje informacija iz podataka
- Omogućava
 - analizu i formiranje izveštaja o karakteristikama podataka i odnosima u njima
 - mogućnost analize vizuelnog prikaza velike količine podataka
 - otkrivanje opštih obrazaca i trendova

Skup podataka

Podaci se često prikazuju u obliku tabele u kojoj

- kolone predstavljaju atribute, tj. svojstva entiteta o kojima se čuvaju informacije
- jedan red sadrži informacije o jednom entitetu (objektu)

	Atr1	Atr2	Atr3	...	AtrM
Entitet1	2	5	0	...	1
Entitet2	0	8	3	...	2
...
EntitetN	1	0	4	...	6

Skup podataka

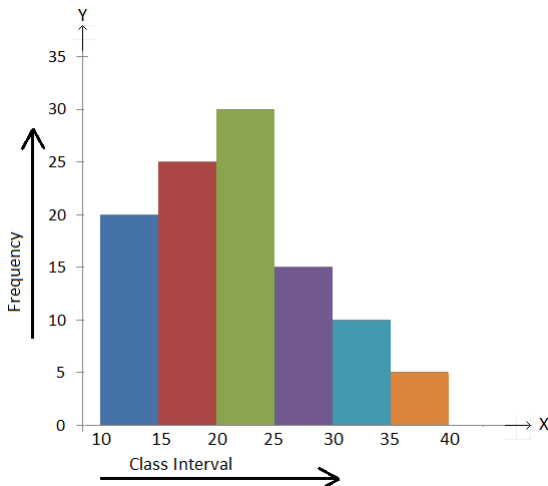
INDEKS	IME	PREZIME	DATUM_UPISA	DATUM_RODJENJA	MESTO_RODJENJA
20140021	Milos	Peric	2014-07-06	1995-01-20	Beograd
20140022	Marijana	Savkovic	2014-07-05	1995-03-11	Kraljevo
20130023	Sanja	Terzic	2013-07-04	1994-11-09	Beograd
20130024	Nikola	Vukovic	2013-07-04	1994-09-17	NULL
20140025	Marijana	Savkovic	2014-07-06	1995-02-04	Kraljevo
20140026	Zorica	Miladinovic	2014-07-06	1995-10-08	Vranje
20130027	Milena	Stankovic	2013-09-03	NULL	NULL

Izbor načina vizuelizacije podataka

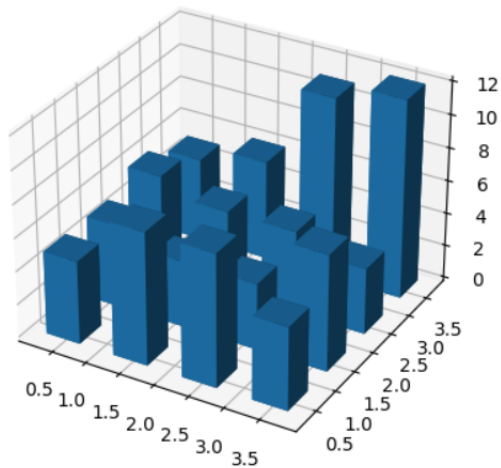
- Način prikaza zavisi od podataka
- Bira se podskup atributa (informacija iz podataka) koji se koriste za vizuelizaciju
- Izbor može da uključi i izdvajanje skupa objekata (entiteta) od interesa

Histogrami

- Histogram je grafička reprezentacija distribucije podataka
- Pri pravljenju histograma, prvo se opseg vrednosti podeli u niz intervala (eng. bins), a zatim se prebroji koliko vrednosti iz skupa pripada svakom od intervala
- Na x-osi se prikazuju izdvojeni intervali, a na y-osi broj vrednosti iz svakog intervala



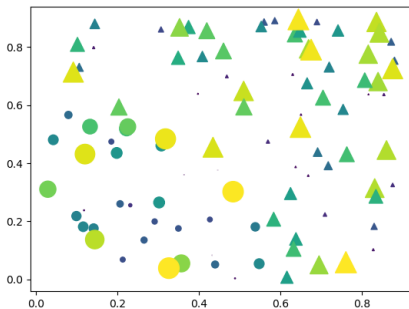
Histogrami



3D histogram. Izvor: <https://matplotlib.org/>

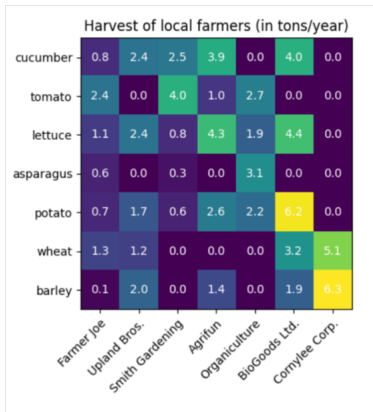
Šeme sa raspršenim elementima

- Vrednosti atributa entiteta određuju njegovu poziciju na grafiku
- Preko markera se bira način prikaza entiteta (krug, X, trougao ...)
- Najčešće se koriste 2D ali postoje i 3D šeme
- Vrednosti drugih atributa mogu da se prikažu korišćenjem oblika, veličine ili boje markera koji predstavljaju entitete



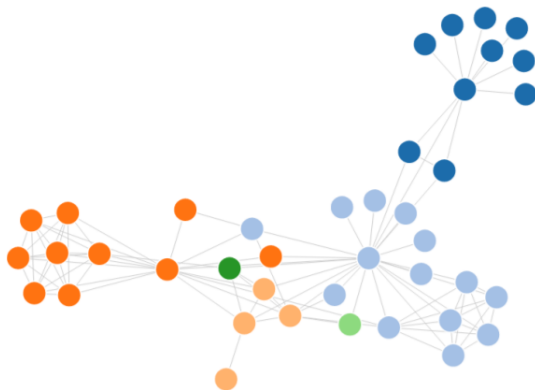
Šema sa matricom

- Šeme sa matricama ili toplotne mape
- Prikazuje tabelarne podatke kao matricu čije su vrednosti obojene



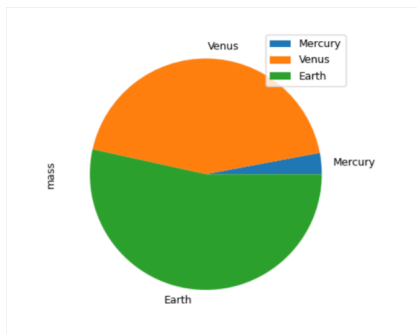
Čvorovi u mreži

- Grafikon pogodan za prikaz odnosa između entiteta u skupu
- Entiteti su predstavljeni čvorovima, a odnosi vezama između čvorova



Kružni grafikon

- Kružni ili tortni grafikon (eng. pie)
- Krug se koristi kao osnova za ilustraciju proporcija između vrednosti u atributu
- Dužina luka svakog dela je proporcionalna količini koju predstavlja
- Svakom delu se obično dodeljuje oznaka entiteta koji predstavlja



Sadržaj

- 1 Vizuelizacija podataka
- 2 Zadatak**
- 3 Zvuk
- 4 Digitalizacija zvuka

Zadatak 3

Napisati program u pj Python za prikaz informacija iz skupa podataka population.csv. csv (eng. comma-separated values) - format zapisa podataka u obliku tabele u kome se informacije u jednom redu razdvajaju pomoću ,

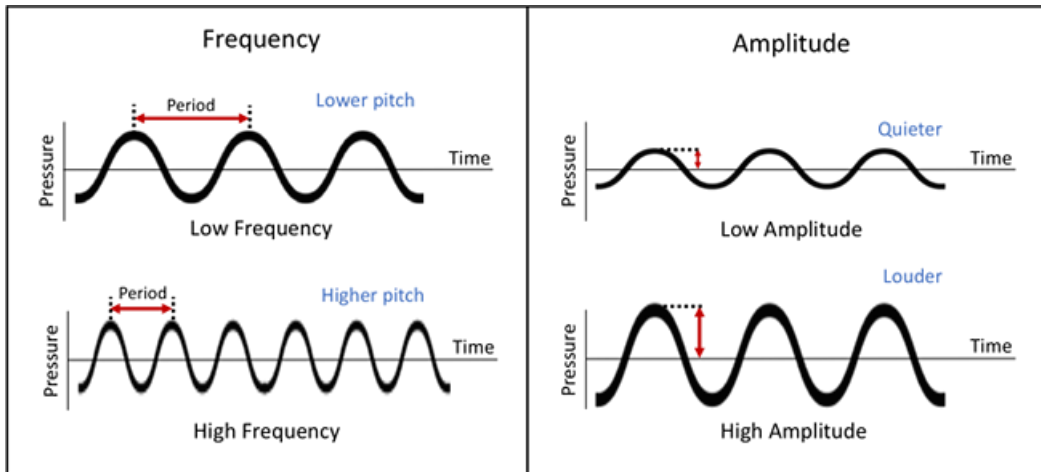
Sadržaj

- 1 Vizuelizacija podataka
- 2 Zadatak
- 3 Zvuk**
- 4 Digitalizacija zvuka

Zvuk

- Zvučni signal predstavlja promenu pritiska vazduha u zadatoj tački posmatranja
- Osnovni parametri koji opisuju zvučni signal su
 - amplituda (koja odgovara "glasnoći") - mera odstupanja pritiska od srednje vrednosti, stanja koje je označeno kao tišina
 - frekvencija (koja odgovara "visini") - broj oscilacija u 1 sekundi i izražava se u Hz
- ljudsko uho čuje raspon frekvencija od 20Hz do 20KHz

Zvuk



Digitalizacija zvuka

- Digitalizacija zvuka se sastoji od snimanja analognog pojavljivanja zvuka kao niza diskretnih događaja i njegovog kodiranja u binarni sistem
- Za digitalizaciju se koriste uređaji koji spadaju u grupu analogno-digitalnih konvertera (ADC)
- Za reprodukciju zvuka koristi se digitalno-analogni konverter (DAC)

Putanja zvuka pri digitalizaciji i reprodukciji



Putanja zvuka pri digitalizaciji i reprodukciji

- Mikrofon detektuje kontinuirano promenljivi pritisak vazduha, snima to kao analogni napon i šalje informacije
- ADC izvodi digitalizaciju
- Digitalnog sistema obrađuje digitalni zvuk
- DAC pretvara digitalni u analogni zvuk
- Zvučnik pretvara analogni signal u zvučni talas u vazduhu

Sadržaj

- 1 Vizuelizacija podataka
- 2 Zadatak
- 3 Zvuk
- 4 Digitalizacija zvuka**

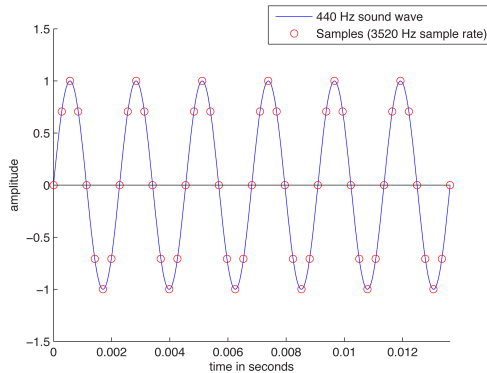
Digitalizacija zvuka

- Uključuje dva glavna koraka
 - uzorkovanje
 - kvantizaciju

Uzorkovanje

- Uzorkovanje je merenje amplitude vazdušnog pritiska u jednako raspoređenim trenucima vremena
- Svako merenje je jedan uzorak
- Broj uzoraka uzetih u sekundi (*broj uzoraka/s*) ce naziva frekvenciju odabiranja ili stopa uzorkovanja (eng. sampling rate)
- Jedinica *broj uzoraka/s* se naziva Herc (Hz)

Uzorkovanje



Izvor: J. Burg et al. Digital Sound & Music: Concepts, Applications, and Science

Kvantizacija

- Kvantizacija je predstavljanje amplitude pojedinačnih uzoraka kao celih brojeva izraženih u binarnom obliku
- Zbog korišćenja celih brojeva uzorci moraju da se mere u konačnom broju diskretnih nivoa
- Opseg mogućih celih brojeva je određen dubinom bita (rezolucija) - brojem bitova koji se koriste po uzorku
- dubina bita 8 - 256 diskretnih nivoa, dubina bita 16 - 65536 diskretnih nivoa
- Amplituda uzorka mora biti zaokružena na najbliži od dozvoljenih diskretnih nivoa
- Diskretizacija prouzrokuje greške u procesu digitalizacije

Višekanalno snimanje zvuka

- Da bi se dobio prostorni osećaj zvuka, primenjuje se tehnika višekanalnog snimanja zvuka
- Svaki kanal se nezavisno snima sa posebnim mikrofonom i reprodukuje na posebnoj zvučnici
- Stereo zvuk - snimanje zvuka sa dva kanala
- Surround sistemi - snimanje zvuka sa više od dva kanala

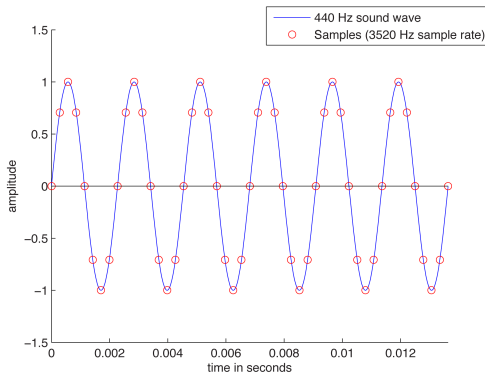
Digitalizacija zvuka

- Pri snimanju zvuka u digitalnom formatu bira se
 - stopa uzorkovanja (44100, 48000, ...)
 - dubina bita (8,16,32)
 - broj kanala (mono (jedan), stereo (dva), više kanala)
- Uobičajene su postavka za audio kvalitet CD-a: frekvencija uzorkovanja je 44100 Hz, dubinom bita je 16 bita (tj. dva bajta) po kanalu, i sa dva kanala

Digitalizacija zvuka

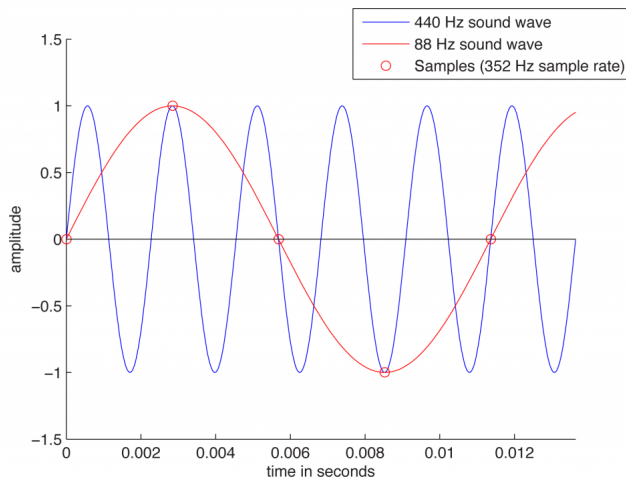
Primer

- Zvučni talas ima frekvenciju od 440 Hz (ciklusa/s)
- Stopa uzorkovanja je 3520 Hz (uzoraka/s)
- Osam uzoraka za svaki ciklus zvučnog talasa (crveni krugovi)



Digitalizacija zvuka

- Stopa uzorkovanja je važna za čuvanje i reprodukciju signala
- Što je frekvencija signala veća, potrebno je više uzoraka u sekundi (veća brzina uzorkovanja) da bi se on precizno predstavio u digitalnom domenu



Digitalizacija zvuka

- Ako je stopa uzorkovanja niska, rekonstruisani zvučni talas je niže frekvencije od originalnog zvuka
- Alijasing – netačna digitalizacija koja je rezultat nedovoljne brzine uzorkovanja

Nyquist teorema

- Da bi jednofrekventni zvučni talas bio ispravno digitalizovan, stopa uzorkovanja mora biti najmanje dvostruko veća od frekvencije zvučnog talasa
- Uopštenije, za zvuk sa više frekventnih komponenti, stopa uzorkovanja mora biti najmanje dvostruko veća od komponente sa najvišom frekvencijom

Nyquist teorema

- Ako je dat zvuk sa maksimalnom frekvencijskom komponentom od f Hz, potrebna brzina uzorkovanja je najmanje $2f$ da bi se izbegao alijasing
- Minimalna prihvatljiva stopa uzorkovanja ($2f$) naziva se Nyquist stopa

Nyquist teorema

- Ako je stopa uzorkovanja f , komponenta zvuka najviše frekvencije koja se može ispravno uzorkovati je $f/2$
- Najviša komponenta frekvencije koja se može ispravno uzorkovati naziva se Nyquist frekvencija

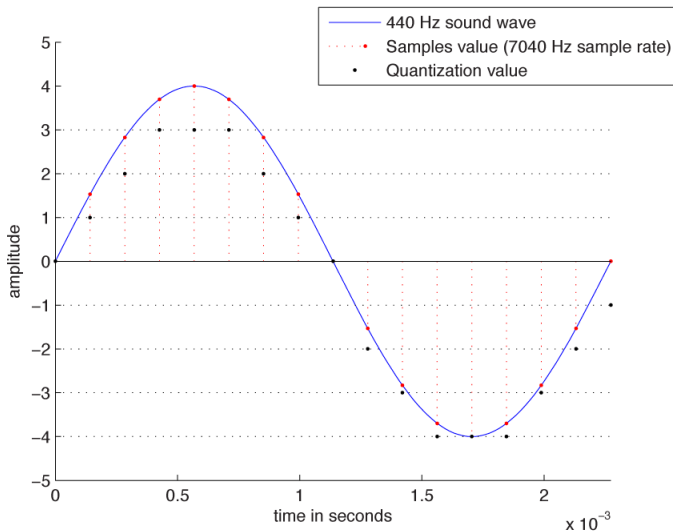
Nyquist teorema

- Standardne stope uzorkovanja u okruženjima za digitalno snimanje zvuka su dovoljno visoke da zahvate sve frekvencije u opsegu koji čovek može da čuje
- Najviša zvučna frekvencija je oko 20000 Hz
- Stopa uzorkovanja za CD je 44100 Hz (44,1 kHz)
- Stopa uzorkovanja 48 kHz je takođe široko podržana
- Stope uzorkovanja idu čak do 192 kHz

Greška kvantizacije

- Dubina bita određuje preciznost sa kojom se predstavlja amplituda uzorka
- Sa dubinom bita od n , moguće je 2^n nivoa kvantizacije
- Polovina nivoa kvantizacije je ispod horizontalne ose, tj. 2^{n-1} nivoa kvantovanja
- Jedan nivo je sama horizontalna osa (nivo 0)
- $2^{n-1} - 1$ nivoa je iznad horizontalne ose
- Kada se uzorkuje zvuk, svaki uzorak mora biti skaliran i zaokružen na jedan od 2^n diskretnih nivoa

Greška kvantizacije



(a) 3 bit depth, 1 cycle

Greška kvantizacije

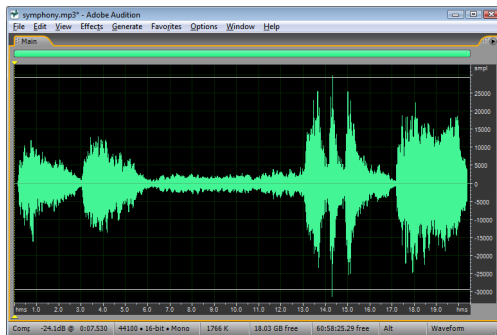
- Na grafikonu su
 - originalne vrednosti uzorka predstavljene crvenim tačkama
 - kvantovane vrednosti uzorka predstavljene crnim tačkama

Greška kvantizacije

- Razlika između originalnih vrednosti i kvantovanih predstavlja grešku zaokruživanja
- Što je dubina bita manja, to se potencijalno više vrednosti mora zaokružiti, što dovodi do veće greške kvantizacije
- Greška kvantizacije se naziva i šum (eng. noise) ili izobličenje, tj. neželjeni deo audio signala koji je povezan sa pravim signalom
- Buka je neželjeni deo zvučnog signala koji nastaje zbog smetnji u okolini (npr. pozadinske buke u prostoriji u kojoj se snima)

Dinamički opseg

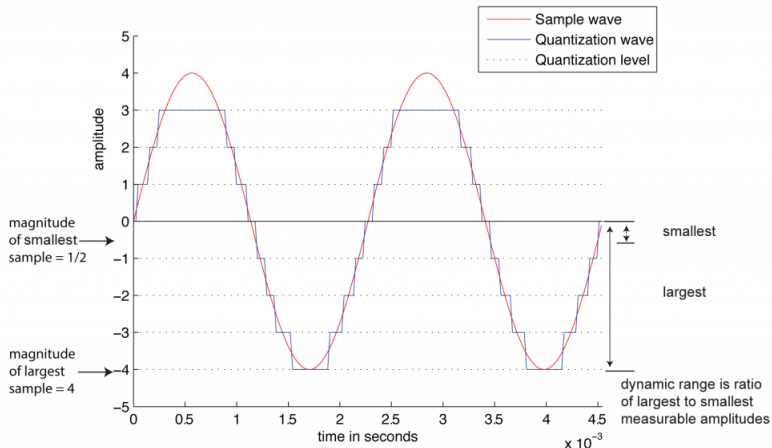
- Dinamički opseg zvuka - funkcija odnosa između najvećeg i najnižeg amplitudnog uzorka zvuka
- napomena: meri se opseg uzorka najveće vrednosti iznad ili ispod ose do uzorka najniže vrednosti na istoj strani ose
- Klasična simfonijska muzika generalno ima širok dinamički opseg (npr. Betovenova peta simfonija)



Izvor: J. Burg et al. Digital Sound & Music: Concepts, Applications, and Science

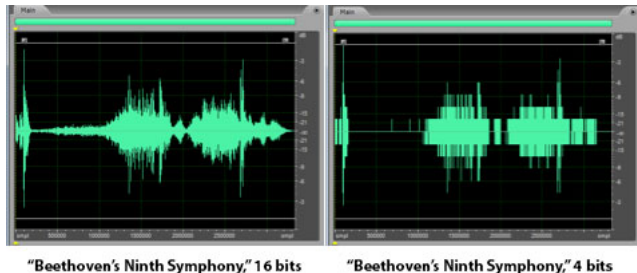
Potencijalni dinamički opseg

- Potencijalni dinamički opseg digitalnog snimka je mogući opseg uzoraka visoke i niske amplitude kao funkciju dubine bita
- Određen je odabirom dubine bita za digitalni snimak



Potencijalni dinamički opseg

- Veća dubina bita daje širi opseg zvučnih amplituda koje se mogu snimiti
- Manja dubina bita gubi više tih zvukova kada se zaokruže na nulu



Izvor: J. Burg et al. Digital Sound & Music: Concepts, Applications, and Science

Memorija

Koliko memorije zauzima 30 sekundi zvuka snimljenog sa stopom učestalosti 7040Hz, dubinom bita 4 i bez kompresije?

Memorija

Koliko memorije zauzima 30 sekundi zvuka snimljenog sa stopom učestalosti 7040Hz, dubinom bita 4 i bez kompresije?

$$7040 \frac{\text{uzoraka}}{s} * 30s * 4 \frac{b}{\text{uzorak}} = 844800b = 105600B = 103.125KiB$$

Memorija

Koliko memorije zauzima 1 minut stereo zvuka snimljenog sa stopom učestalosti 44100Hz, dubinom bita 16 i bez kompresije?

Memorija

Koliko memorije zauzima 1 minut stereo zvuka snimljenog sa stopom učestalosti 44100Hz, dubinom bita 16 i bez kompresije?

$$2 * 44100 \frac{\text{uzoraka}}{s} * 60s * 2 \frac{B}{\text{uzorak}} = 10584000B \approx 10.01MiB$$

Litearatura

- Jennifer Burg, Jason Romney, Eric Schwartz. Digital Sound & Music: Concepts, Applications, and Science
<http://digitalsoundandmusic.com/chapters/ch5/>
 - Deo 5.1.1-5.1.2.4

Korišćen materijal za pripremu slajdova

- dr Filip Marić, Digitalni zapis podataka
- Jennifer Burg, Jason Romney, Eric Schwartz. Digital Sound & Music: Concepts, Applications, and Science
- dr Nenad Mitić, Materijali za kurs Istraživanje podataka