

13M051SKS Statistička klasifikacija signala

I domaći zadatak 2023/24

1. Vremensko-frekvencijska analiza akustičnih signala

U prilogu *psi_i_macke.rar* nalaze se zvučni snimci pasa i mačaka. Posmatraju se dva različita snimka pasa i dva različita snimka mačaka (tabela I). Potrebno je obaviti vizuelnu analizu ovih akustičnih signala koristeći spektrogram, kontinualnu wavelet transformaciju i Hilbert-Huang transformaciju.

- a) Preslušati snimke. Ako ima potrebe obaviti pretprocesiranje signala (skaliranje amplitude, odsecanje delova snimaka koji ne predstavljaju zvukove životinja, promena frekvencije odabiranja,...).
- b) Svaki snimak (posle pretprocesiranja) predstaviti u vremenskom i frekvencijskom domenu. Komentarisati da li postoji neka razlika između pasa i mačaka.
- c) Svaki snimak predstaviti spektrogramom. Postarati se da vremensko-frekvencijska rezolucija bude adekvatna za date signale, komentarisati dužinu i vrstu prozora koji je izabran. Komentarisati karakteristične vremensko-frekvencijske komponente koje se javljaju kod pasa i kod mačaka. Da li postoje neki šumovi ili neočekivane komponente?
- d) Za svaki snimak dati jedan grafik kontinualne wavelet transformacije. Postarati se da izabrani matični talasić bude adekvatan za date signale, komentarisati izbor matičnog talasića. Komentarisati karakteristične vremensko-frekvencijske komponente koje se javljaju kod pasa i kod mačaka.
- e) Za jedan snimak psa i jedan snimak mačke dati skup grafika koji prikazuju empirijsku dekompoziciju signala (odnosno prikazati funkcije unutrašnjeg režima, rezidual i trenutnu frekvenciju za svaku funkciju unutrašnjeg režima). Zatim predstaviti po jednu Hilbert-Huang transformaciju za pse i za mačke. Komentarisati karakteristične vremensko-frekvencijske komponente koje se mogu uočiti.
- f) Na osnovu ovih analiza predložiti izbor od ne više od 10 obeležja u vremensko-frekvencijskom domenu koji bi mogli da se koriste u klasifikaciji pasa i mačaka na osnovu zvuka.

2. Kompresija slika korišćenjem DWT

Korišćenjem mobilnog telefona ili fotoaparata načiniti jednu sliku prizora sa izraženim horizontalnim i vertikalnim ivicama (kuhinjski elementi, prometna ulica, parking sa automobilima, zgrade i sl.). Obaviti DWT analizu i kompresiju ove slike na sledeći način:

- a) Razložiti sliku u boji na R, G i B komponentu. Obaviti dekompoziciju na dva DWT nivoa za svaku od ovih komponenti i prikazati kako ta dekompozicija izgleda.

- b) Za svaku komponentu izdvojiti 50% koeficijenata DWT-a sa najvećom apsolutnom vrednosti. Obeležiti te koeficijente na slikama iz tačke a). Uraditi rekonstrukciju slike koristeći samo te koeficijente i uporediti je sa originalnom slikom.
- c) Na dekompoziciji iz a) sačuvati samo aproksimativne koeficijente i detaljne koeficijente koji odgovaraju vertikalnim ivicama. Koliko procentualno koeficijenata je na ovaj način sačuvano? Uraditi rekonstrukciju slike koristeći samo te koeficijente i uporediti je sa originalnom slikom.
- d) Korišćenjem globalnog mekog praga obaviti kompresiju slike. Prag odabrati tako da se memorijski prostor koji zauzima slika smanji barem za 25%, a da se maksimalno sačuva kvalitet.

3. Analiza nezavisnih komponenti

Prilikom analize problema iz prvog zadatka primećeno je da se specifičan šum čuje kod jedne od životinja na snimku. Da bismo bolje odredili koji šum je u pitanju i da bismo probali da ga eliminišemo tako da se čuje samo zvuk životinje, probaćemo da primenimo pristup analize nezavisnih komponenti. Naime, snimanje životinje je ponovljeno pod istim uslovima, ali smo ovog puta koristili dva mikrofona, sa ciljem da probamo iz dva snimljena signala da izdvojimo posebno šum, posebno životinju (tabela I). Potrebno je obaviti analizu nezavisnih komponenti na sledeći način

- a) Poslušati i analizirati snimljene signale $x_1(t)$ i $x_2(t)$:
 - a. Kako izgledaju u vremenskom domenu, kako im izgleda spektrogram?
 - b. Kakva im je funkcija gustine verovatnoće (može da se koristi aproksimacija pomoću histograma)?
 - c. Proceniti njihov skalirani moment četvrtog reda (kurtosis).
 - d. Skicirati kako izgledaju odbirci signala u dvodimenzionalnom prostoru, gde je jedna osa signal x_1 , a druga osa signal x_2 .
- b) Iz dobijenih mešavina $x_1(t)$ i $x_2(t)$ aproksimirati izvorne signale $\hat{s}_1(t)$ i $\hat{s}_2(t)$ koristeći bilo koju varijaciju ICA algoritma i opisati korake koji su implementirani. U slučaju da se koristi metoda estimacije matrica singularne dekompozicije koja je rađena na času, posebno obratiti pažnju na sledeće korake:
 - a. Koji kriterijum se optimizuje tako da se nađe rotirajuća matrica U ? Kako izgledaju odbirci signala kad se obavi rotacija
 - b. Kako izgledaju odbirci signala kad se obavi skaliranje Σ^{-1} ?
 - c. Koji kriterijum se optimizuje da bi se došlo do rotirajuće matrice V ? Kako izgledaju odbirci signala kad se obavi rotacija? Koja je vrednost skaliranog momenta četvrtog reda posle ovog koraka? Uporediti je sa vrednostima iz tačke b). Da li se dobije očekivan rezultat?
- c) Prikazati vrednosti transformacione matrice A^{-1} koja prevodi izmešane izvore x_1 i x_2 u estimirane izvorne signale \hat{s}_1 i \hat{s}_2 . Preslušati izvorne signale i komentarisati da li su se zaista jasno razdvojio snimak životinje od šuma. Prikazati izvorne signale u vremenskom domenu i pomoću spektrograma. Da li može da se zaključki kakav šum je u pitanju?

Tabela I – Snimci koje treba koristiti u analizi.

Prametar $Q = \text{mod}(bbbb, 4)^1$	Zadatak 1 – Snimci životinja	Zadatak 3 – Snimci mešavina $x_1(t)$ i $x_2(t)$
$Q = 0$	$Q0_macka1, Q0_macka2,$ $Q0_pas1, Q0_pas2$	ica_Q0_x1, ica_Q0_x2
$Q = 1$	$Q1_macka1, Q1_macka2,$ $Q1_pas1, Q1_pas2$	ica_Q1_x1, ica_Q1_x2
$Q = 2$	$Q2_macka1, Q2_macka2,$ $Q2_pas1, Q2_pas2$	ica_Q2_x1, ica_Q2_x2
$Q = 3$	$Q3_macka1, Q3_macka2,$ $Q3_pas1, Q3_pas2$	ica_Q3_x1, ica_Q3_x2

¹*bbbb* je broj indeksa studenta koji radi domaći zadatak