

Pregled metoda kvantifikacije količine svakodnevnih podražaja u životinja

Špiljak, David

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:413670>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

David Špiljak

**Pregled metoda kvantifikacije količine
svakodnevnih podražaja u životinja**

Završni rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

David Špiljak

**An overview of methods for quantifying
the amount of stimuli in daily routine of
animals**

Bachelor thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj rad je izrađen u sklopu studijskog programa preddiplomskog studija molekularne biologije na zoološkom zavodu zoološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom doc. dr. sc. Josipa Skeje

Temeljna dokumentacijska kartica

Svečilište u Zagrebu

Završni rad

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Pregled metoda kvantifikacije količine svakodnevnih podražaja u životinja

David Špiljak

Rooseveltov trg 6, 10000 zagreb, Hrvatska

Živčani sustav svake životinje prilagođen je podražajima iz okoliša u kojem ta životinja živi, no vrijedi li isto u suvremenom životu čovjeka. Općeprihvaćeno je mišljenje da smo "bombardirani" velikom količinom informacija tijekom života u modernom okolišu, i to svakodnevno. Unatoč tom gotovo uvriježenom mišljenju, tek je nekolicina istraživača pokušala primijeniti znanstvene metode na mjerenje količine signala koje prosječan čovjek dobiva svakodnevno i to usporediti s količinom signala koje je prosječan čovjek dobivao tijekom naše recentne evolucijske povijesti, primjerice kroz posljednjih 10 000 godina. Do sada su znanstvenici mnogo puta pokušali pronaći uzorke u komunikaciji kitova, primata, ptica i kukaca pa su se zahvaljujući njihovim istraživanjima pojavili koncepti entropije i kompleksnosti signala koji su postali korisni alati u analizi interakcije životinja. Još nitko nije spomenute alate iskoristio za mjerenje količine signala u „prirodnom“ i „antropogenom“ okolišu. Cilj ovog rada je predložiti smjer razmišljanja, odnosno osnovnu metodu za procjenu količine svakodnevnog signala, a također postaviti temelj daljnjem istraživanju ove problematike uspostavom prvih alata za procjenu signalne opterećenosti. Rad je ograničen na zvučne (akustičke) signale jer su isti jednostavni za kvantifikaciju i jer su postojeće metode standardiziranije od metoda za analizu video-zapisa, no ista se logika sigurno može primijeniti i na vidne (vizualne) signale, što bi bio logičan sljedeći korak u ovom području. Poznate matematičke funkcije koje se koriste za analizu zvučnih zapisa u području ekologije prenamijenjene su i iskombinirane u skladu s definicijom signala, kako bi se dobila vrijednost koja predstavlja količinu snimljenog signala. Preliminarni podaci pokazuju da je količina informacija u današnjem svakodnevnom životu čovjeka nesrazmjerno veća od količine koja postoji u prirodnim ekosistemima. Pogotovo se u količini informacija u svakodnevnom životu čovjeka ističu televizijske reklame i elektronička glazba.

Ključne riječi: signalna opterećenost, ekoakustika, evolucija, signal, kognitivni limit

(28 stranica, 3 slika, 3 tablica, 38 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: doc. dr. sc. Josip Skejo

Basic documentation card

University of Zagreb

Bachelor Thesis

Faculty of Science

Department of Biology

An overview of methods for quantifying the amount of stimuli in the daily routine of animals

David Špiljak

Rooseveltov trg 6, 10000 zagreb, Croatia

The nervous system of every animal is adapted to the stimuli of the environment in which the animal lives, but does the same hold true in modern human life? It is a widely accepted belief that we are "bombarded" with a large amount of information in our daily lives within the modern environment. Despite this common notion, only a few researchers have attempted to apply scientific methods to measure the quantity of signals the average person receives daily and compare it to the amount of signals an average person received throughout recent evolutionary history, such as in the past 10,000 years. Scientists have often sought patterns in the communication of whales, primates, birds, and insects, and through their research, concepts like entropy and signal complexity have emerged, which have become useful tools in analyzing animal interactions. However, no one has yet used these tools to measure the quantity of signals in both "natural" and "anthropogenic" environments. The goal of this paper is to propose a direction of thought, specifically a basic method for assessing the amount of daily signals, and to lay the foundation for further research in this area by establishing the first tools for evaluating signal load. The study is limited to sound (acoustic) signals, as they are easier to quantify and because existing methods for their analysis are more standardized compared to methods for video analysis. However, the same logic can certainly be applied to visual signals, which would be a logical next step in this field. Known mathematical functions used for the analysis of audio recordings in the field of ecology have been adapted and combined in accordance with the definition of a signal, in order to obtain a value representing the amount of the recorded signal. Preliminary data show that the amount of information in modern human daily life is disproportionately greater than the amount present in natural ecosystems. Notably, television advertisements and electronic music stand out as major sources of information in everyday human life.

Key words: signal load, ecoacoustics, evolution, signal, cognitive limit

(28 pages, 3 figures, 3 tables, 38 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Assist. Prof. Josip Skejo, PhD

Kazalo

Uvod.....	1
Problem.....	1
Signal.....	3
Akustički indeksi.....	4
Ciljevi rada.....	4
Materijali i Metode.....	5
Pregled.....	5
Prikupljanje podataka.....	5
Primarna obrada.....	5
Analize.....	6
Rezultati.....	7
Kratki povijesni pregled.....	7
Biofonija i Antropofonija.....	9
Pregled antropogenih zvukovova.....	10
Utjecaj uklanjanja buke.....	13
Rasprava.....	14
Odnos antropogenih i bifonih zvukova.....	14
Procjena efektivnosti metode na antropogenim zvukovima.....	15
Utjecaj uklanjanja buke.....	16
Zaključci.....	17
Zahvala.....	18
Literatura.....	19
Dodatci.....	23
Životopis.....	28

Uvod

Problem

Živčani sustav je obilježje većine životinja (Animalia ili Metazoa), s iznimkom spužvi. Živčani sustav svake životinjske vrste prilagođen je podražajima koji dolaze iz okoliša u kojem ta vrsta živi, a ako se dogodi veliki porast u količini podražaja, koji predstavlja stres, živčani sustav može oboliti ili čak umrijeti (Gregory 2004; Zhanette et al., 2019). Shodno tome, pitanje je je li ljudski živčani sustav prilagođen količini informacija kojima je danas sam sebe izložio.

Često se čuje izraz da smo „bombardirani“ informacijama u moderno doba. S obzirom da živimo u okolišu koji sadrži radio, televiziju, mobitel, računalo i mnoge druge prijenosnike podražaja, tvrdnja se čini samo-evidentna, međutim javlja se pitanje „*koliko informacija moramo dobiti da bi se smatralo bombardiranjem*“. Na to pitanje čovječanstvo još nema konkretan odgovor i to iz prvenstveno iz razloga što nemamo egzaktnu metodu kako uopće izmjeriti količinu informacija ili signala. Razviti pouzdanu metodu procjene količine signala u okolišu nije samo bitno zbog procjene „bombardiranosti“, već može imati i ključnu ulogu u poboljšavanju naših svakodnevnica (Kohlstedt, 2016). Poznato je da smo ulaskom u supermarket suočeni s 85% proizvoda koji nam ne trebaju u tom trenutku (Trout i Rivkin, 2011), svaki od njih je jedan element u vizualnom kontinuumu te djeluje kao signal ili podražaj na naša osjetila.

Svaki podražaj prenosi se do mozga koji na temelju svih ulaznih podražaja određuje reakciju, pri čemu su neki procesi svjesni, a neki nesvjesni (Opris i Bruce, 2005). Živčani sustav je jedan od ključeva evolucije jer je omogućio nevjerojatno koordinirane pokrete na kompleksne podražaje, primjerice traženje partnera, lov, socijalne interakcije (Fisher, Aron i Brown, 2006). Unatoč velikoj raznolikosti živčanih sustava današnjih životinja, njihova osnova je ista kao i kod predačkog živčanog sustava koji se može usporediti sa onim kod današnje hidre, koji na svaki podražaj kontrahira cijelo tijelo (Hanson, 2023).

Osim što procesira kompleksne podražaje, živčani sustav ih i prioritizira. U mozgu postoji struktura koja filtrira sve nerelevantne podražaje od ulaska u svijest (Sridharan, Levitin i Menon, 2008; Menon i Uddin, 2010), no u trenutku kada ne bježimo od opasnosti ili nismo u stanju visoke koncentracije, poznato i pod engleskim nazivom „*flow*“, taj filter nije pretjerano snažan (Menon i Uddin, 2010). Posljedično, potpuno nepotrebne informacije koje su upravo ušle u svijest zahtijevaju svjesnu odluku što treba učiniti s njima. Za 85% gore spomenutih proizvoda u dućanu

mi dakle trebamo aktivno odlučiti da nam ne trebaju. Dokazano je da čovjek ne može ignorirati informacije koje su već unešene u svijest pa makar bile krive ili nepotrebne (Tversky i Kahneman, 1974). Uz to znamo da je svaka odluka neurološki kompleksan i metabolički skup proces u kori mozga (Hahn i sur., 2020) što implicira da postoji određeni kognitivni limit zbog ograničenog energetskeg unosa.

Postoji li limit broja odluka u danu, odnosno točka nakon koje kvaliteta svih slijedećih odluka drastično opada? Već je utvrđeno da prevelika opterećenost signalima negativno utječe na donošenje odluka (Jacoby, 1977) i kontrolu impulsa (Vohs i sur., 2008). Dakle signalno preopterećenje povećava vjerojatnost da će osoba donositi krive odluke, odnosno lakše ulaziti u nasilje ili opasne situacije. Bilo bi korisno znati mehanizam povećanja vjerojatnosti upuštanja u rizične situacije jer bi se njegovim poznavanjem mogli sprječiti mnogi slučajevi, primjerice svađe, obiteljskog i vršnjačkog nasilja ili prebrze vožnje.

Vidljivo je da u čovjeka i mnogih drugih istraživanih vrsta životinja postoje ozbiljne posljedice signalnog preopterećenja (Gregory 2004, Zanette i sur., 2019), jedna od njih je posttraumatski stresni poremećaj (PTSP). Kako bismo definirali kognitivni limit „zdrave“ količine informacija, jedan od pravilnih pristupa je proučiti našu evolucijsku povijest. Današnje značajke našeg mozga opstale su pod evolucijskim pritiscima nedavne povijesti kada su glavni selekcijski pritisci bili učinkovitost sakupljanja hrane i lova te snalaženje u prirodi (Tattersall, 2014). Ako bismo mogli izmjeriti signalnu opterećenost takvog okoliša, dobili bismo idealne uvjete za rad našeg mozga pod pretpostavkom da se ljudski mozak nije značajno mijenjao od te točke do danas, što je vrlo izgledno s obzirom da „novi okoliš“ buke i svijetla postoji tek 200 godina.

Signal

Kako bih krenuo s mjerenjem signala valja odabrati definiciju koja najbolje opisuje signal. Signal može biti pjev ptica, gesta lica, pokret prstima, svjetionik u mraku, bol, binarni kod, kao i mnogo drugih pojava. U znanstvenoj zajednici postoji više pristupa definiranju signala (npr. Dumov i Zaitseva, 2023; Ellis i Delaney, 2002), dijelom jer signal ne znači isto u području informatičke teorije i elektrotehnike. Ipak, većina pristupa smatra da signal u osnovi primjetljiva promjena. Najjednostavnija definicija signala kaže da *signal kao funkcija jedne ili više varijabli može biti definiran kao **primjetljiva** (eng. observable) promjena **mjerljive** (eng. quantifiable) veličine* (Chakravorty, 2018).

Prema tome, pristup ovog istraživanja za procjenu signalne opterećenosti mora utjelovljavati primjetljivost i mjerljivost. Treba naglasiti da informacija i signal nisu isti pojmovi. Informacija se smatra jednim ili skupom signala koji zadovoljavaju odgovarajuću strukturu te pritom prenose (istinitu ili neistinitu) tvrdnju (Bates, 2010). Signali, dakle, nisu informacije, nego oni prenose informacije. Promatrao sam veličinu zvanu *signalna opterećenost*, namjerno ne koristim naziv *zasićenost* jer taj bi taj izraz podrazumijevao poznavanje apsolutnog limita zasićenosti. Neki znanstvenici su pokušali odrediti granicu ljudske sposobnosti obrade informacija, primjerice Lucky (1989) je pokazao da je limit kore mozga oko 50 bitova po sekundi, a Nakamura i Csikszentmihalyi (2010) da je limit 105 bitova po sekundi. Prema tome ne postoji koncenzus u znanstvenoj zajednici oko te vrijednosti.

U živom svijetu postoji širok spektar fizikalnih domena koje se mogu percipirati—virusi prepoznaju membranske strukture (Strazic Geljic i sur., 2021), biljke osjete smjer sunca (Haurt, 1966), a majmuni prepoznaju nepravdu (Brosnan i de Waal, 2003). Budući da većina životinja sve signale dobiva iz pet osjetilnih domena, među kojima su glavni vid, sluh, njuh i dodir (Oteiza i Baldwin, 2021), u ovom radu sam se usredotočilo samo na domenu zvučnih signala jer je do sada najviše znanstvenih istraživanja objavljeno upravo u toj domeni, a uz to je i računalno manje intenzivno od obrade video-zapisa. Smatramo da je mehanizam koji predlažem isti i u svim drugim domenama gdje postoji koncept signala.

Akustički indeksi

Zahvaljujući strelovitom napretku softverskih i hardverskih tehnologija, u biologiji se pojavilo novo područje poznato kao ekoakustika. Ekoakustika je nova interdisciplinarna znanost koja istražuje odnos zvuka i okoliša (Farina i Gage 2017), osnova ekoakustike je primjena kompleksnih računalnih algoritama na zvučne signale s ciljem otkrivanja ekološki relevantne informacije (Sueur, 2015). Jedna od često korištenih metoda za analizu zvuka je računanje akustičkih indeksa, metoda na kojoj mi gradimo novi pristup. Akustički indeksi se računaju primjenom neke matematičke funkcije na zvučni histogram ili spektrogram, rezultat su vrijednosti koje opisuju određenu dimenziju tog zvučnog zapisa (Farina i Gage 2017). Primjerice česta veličina kojom se opisuje varijabilnost zvuka je entropija (Doyle, 2009) ili akustička kompleksnost (Farina, 2024)

Ciljevi rada

Kako bih predložio metode za kvantifikaciju signalne opterećenosti pokazat ću kako se ponašaju kompozicije odabranih ekoakustičkih indeksa kada se analiziraju suvremeni i nekadašnji signalni stresori. Cilj je ustanoviti efikasnu metodu za procjenu signalne opterećenosti i pokazati da smo zbilja danas okruženi s mnogo više signala u odnosu na naše predačke okoliše.

Materijali i metode

Pregled

Prvo sam napravio literaturni pregled dosadašnjih znanstvenih radova u području kvantifikacije podražaja životinja preko baze znanstvenih radova Google Scholar. Usredotočilo sam se na razdoblje od prve pojave ideje analize kompleksnog signala za potrebe bioloških eksperimenata 2006. godine (Andrews i sur., 2006). Korištene ključne riječi u literaturnoj pretrazi znanstvenih radova bile su: „Signal quantification“, „animal communication“, „signal quantification“, „signal complexity“, „quantifying whale vocalizations“. Pregled je predstavljen na početku poglavlja Rezultati.

Prikupljanje podataka

Testne analize su provedene na 30 ulaznih snimki. Snimke su podijeljene u dvije grupe, (1) biofonija (Dodatak 1.) i (2) antropofonija (Dodatak 2.) Kako bih testirao metodu na što širem spektru zvukova iz svih krajeva svijeta, koristio sam audio-zapise (Dodatak 1.) dostupne na internetskim bazama podataka (Bradfer-Lawrence i sur., 2024) dok sam neke zvukove sam mjerio (Dodatak 2.), a pjesme sam preuzeo s youtube-a (linkovi u dodatku 2.). Za dodatnu provjeru valjanosti metoda analiza je provedena i na snimci apsolutne sintetičke tišine i apsolutne sintetičke buke (tzv. bijela buka).

Primarna obrada

Kako bih provjerilo je li metoda osjetljiva na prisutnost pozadinske buke, na istom setu podataka provedena je analiza sa i bez uklanjanja buke. Koristio sam metodu spektralnog oduzimanja (engl. *spectral subtraction*) odnosno naredbu spektralnog oduzimanja iz scikit-maad knjižnice Python programskog jezika (`maad.sound.remove_background()`).

Analize

Knjižnica programskog jezika Python zvana Scikit-learn nudi široki izbor alata za učitavanje i analizu audio-zapisa. Inicijalno korak analize je izračunati pojedine akustičke indekse (Tablica 1.) kao u radu Bradfer-Lawrence i sur. (2024). Osim tih klasičnih indeksa izračuno sam i nešto rjeđe korištene indekse korištene u radu Buxton et al. (2018) iako je običaj koristiti samo standardne indekse (Sueur, Aubin, i Simonis, 2008).

Cijeli kod korišten pri obradi nalazi se u prilogu (Dodatak 3.) zajedno s iscrpnim komentarima. Korištene funkcije navedene su u Tablici 1. Kombiniranjem scikit-learn funkcija, stvorio sam kompozicije ravnajući se definicijom signala prema Chakravortyju (2018). Svaka kompozicija sadrži barem jednu funkciju koja kvantificira učestalost promjena i barem jednu koja kvantificira intenzitet promjene.

Tablica 1. Ekoakustički (Scikit-learn) indeksi koji su analizirani u ovom istraživanju. Uz kraticu svakog od indeksa nalazi se hrvatski prijevod i originalni engleski naziv.

KRATICA INDEKSA	NAZIV INDEKSA
median	Vremenski medijan (temporal median)
tH	Vremenska entropija (temporal entropy)
tActivity	Vremenska aktivnost (temporal activity)
ACI	Indeks zvučne složenosti (acoustic complexity index)
fH	Frekvencija entropije (frequency entropy)
AGI	Indeks zvučnog gradijenta (acoustic gradient index)
tS2N	Omjer vremenskog signala i buke (temporal signal to noise ratio)
sS2N	Omjer spektralnog signala i buke (spectral signal to noise ratio)
S2N	Omjer signala i buke (Signal to noise ratio)
H	Ukupna entropija

Rezultati

Kratki povijesni pregled

U posljednjih nekoliko desetljeća, područje biologije koje istražuje signal i količinu signala, sve se više razvija. Ekoakustičkim istraživanjima prethodila su bioakustička istraživanja, koja su većinom bila posvećena ekologiji i taksonomiji (Penar i Magiera, 2020), tj. definiranju vrsta zvukova koje proizvode ptice ili kukci (Riede, 1998) te njihovim narječjima, dijalektima (Ford, 1984, Penar i Magiera, 2020).

Razvoj nove tehnologije omogućio je znanstvenicima provođenje analize signala na masovnoj razini, a prepoznata je i potreba za razvojem softvera za obradu multimedijских signala kao što je zvuk (Andrews i sur., 2006). Već dvije godine kasnije, nastaje prvi modularni alat otvorenog izvora (open-source) za analizu audio-zapisa, „Seewave“ knjižnica za programski jezik R (Sueur, Aubin, i Simonis, 2008).

Ekoakustika je doživjela procvat kroz zadnjih 20 godina, koji je dodatno ubrzan razvojem informatičkih tehnologija i većih ulaganja u interdisciplinarna područja (Sueur, 2015). Međutim najveći razlog razvoja ovog područja je prepoznata potreba za alternativnim načinima skupljanja ekoloških podataka koji su jednostavniji i jeftiniji u odnosu na dosadašnje metode. Pa se tako veličina populacije može odrediti iz nekoliko audio-zapisa ekoakustičkim metodama umjesto primjerice mnogo iscrpnijom metodom catch and release (Donaldson et al., 2008)

U ekoakustiku su ukorporirani koncepti entropije zvuka (Doyle, 2009), ritmičnosti zvuka (Ravignani and Norton, 2017) i alati za prepoznavanje specifičnih zvučnih uzoraka (Araya-Salas i sur., 2023). Većina novih koncepata je spojena u najnovijem izdanju Python knjižnice scikit-maad (Ulloa i sur. 2021). Ovi alati se koriste aktivno u području ekoakustike primjerice za istraživanje bioraznolikosti ili dnevnih navika ptica. Međutim nitko još još nije usmijerio ekoakustičke alate u smjeru usporedbe kvantifikacije signala u biogenom i antropogenom okolišu iako pojedine funkcije jako dobro predstavljaju varijabilnost i intenzitet zvuka, a pogotovo to nitko nije doveo u vezu sa pretjeranom količinom signala u modernom razdoblju. Lucky (1989) i Nakamura i Csikszentmihalyi (2010) su istraživali granica nakon koje čovjek više ne može efektivno reagirati na dane informacije, odnosno apsolutni maksimum zasićenosti. Međutim jednokratni maksimum procesivnog kapaciteta mozga nije od praktične važnosti koliko i maksimum koji čovjek može tolerirati svaki dan, i to godinama. Za kraj dodajmo da baza podataka xeno-canto može poslužiti kao ishodište za mnoga istraživanja, jer objedinjuje zvučne zapise ranih vrsta životinja (Xeno-Canto 2024).

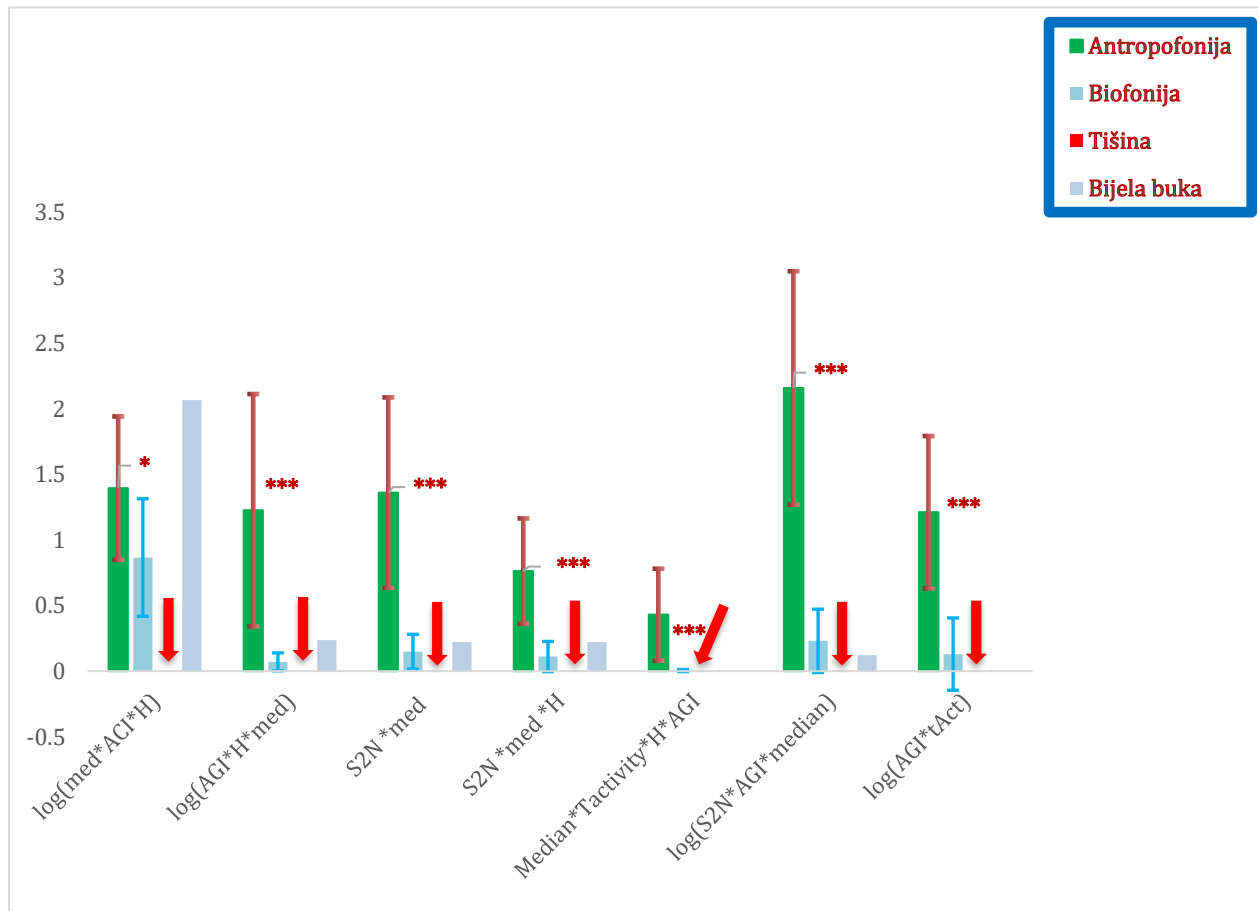
Tablica 2. Povijesni pregled razvoja ključnih metoda kvantifikacije zvučnih signala.

GODINA	ISTRAŽIVANJE	REFERENCA
2006.	Prva analiza multimedijiskog signala u biologiji	Andrews i sur., 2006
2008.	Sewave - R knjižnica	Sueur, Aubin, i Simonis, 2008
2009.	Primjenjen koncept entropije na zvučni signal	Doyle, 2009
2011.	Soundecology - R Knjižnica	Pijanowski, 2011
2015.	Nastao pojam - ekoakustika	Sueur, 2015
2021.	Standarizacija metoda ekoakustike za dekodiranje komunikacije raznih taksona	Odom, 2021
2021.	Sckit-maad - najnapredniji open source alat ekoakustike (python knjižnica)	Ulloa i sur., 2021

Biofonija i antropofonija

U biofoniji su mjereni zvukovi prašume, savane ili kukaca, a u antropofoniji ljudski glas, klasična i elektronička glazba te razni elektronički mediji i njihovi sadržaji poput nogometne utakmice, vijesti ili reklama.

Postoje velike razlike u vrijednostima gotovo svih funkcija između antropofonije i biofonije. Antropofonija ima mnogo veće vrijednosti svih funkcija. Razlika statistički značajna u svim slučajevima ($p < 0.05$) (Slika 1).



Slika 1. Prosječne vrijednosti kompozicija funkcija opisanih u Tablici 1. Vrijednosti su podijeljene na antropofoniju, biofoniju te je radi usporedbe s ekstremnim slučajevima uključena i apsolutna tišina i apsolutna, bijela buka. Svaka funkcija jasno i statistički značajno razdvaja antropogene zvukove od biogenih. Legenda: Crvena strelica označava lokaciju vrijednosti tišine čija je vrijednost premalena da bi se primijetila na slici, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Pregled antropogenih zvukova

Najveće vrijednosti imaju Mangio Pasta (Peki i Grše, trap glazba), Spectre (Alan Walker, electro-house glazba), Klinka (Jala Brat i Buba Coreli, turbo-folk) i reklame, a nedaleko slijedi Dnevnik Nove TV.

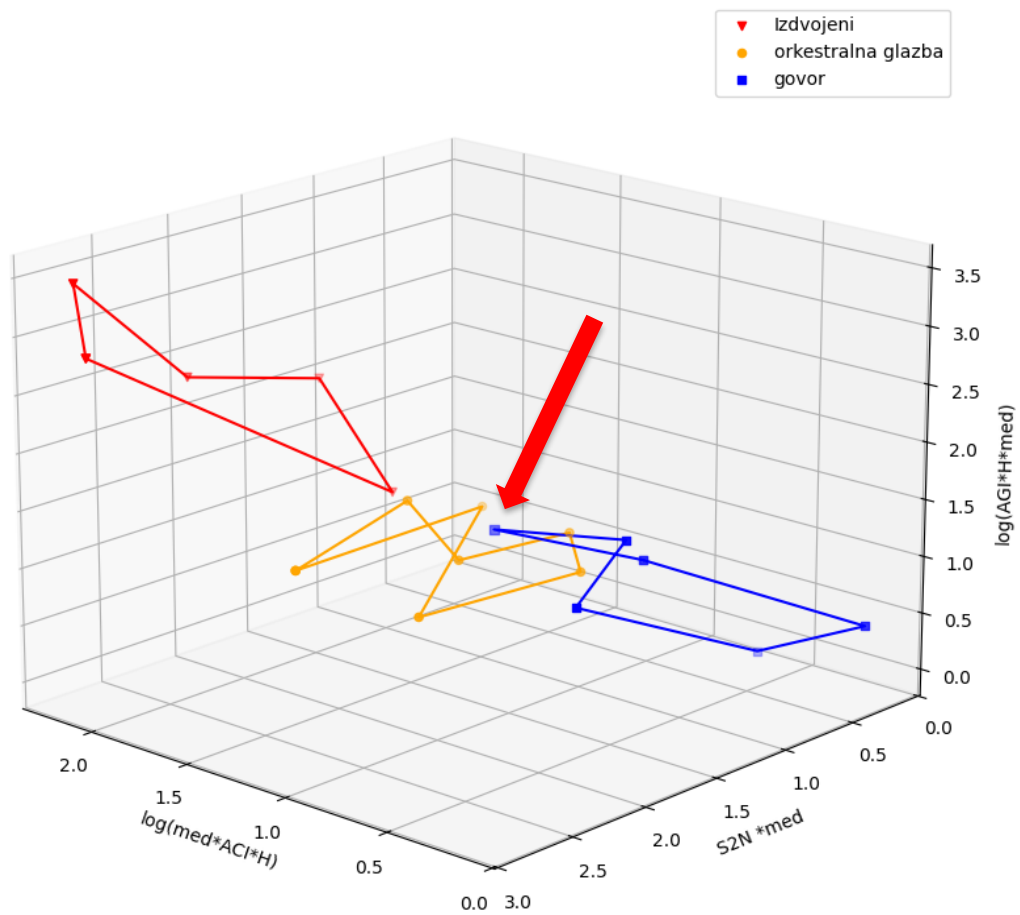
Nakon pet zvučnih zapisa s najvećim vrijednostima svih indeksa i funkcija, slijedi glazba raznih porijekla od pjesme „Rim tim tagi dim“ do Mozarta (u tablici 3. se taj dio očitava kao pretežno bijeli dio). Najmanje vrijednosti imaju zvukovi ljudskog govora, a tu su smješteni serija Igra prijestolja (eng. *The Game of Thrones*), filozofska debata (Peterson, Žižek), predavanje Korada Korlevića, RTL direkt i nogometna utakmica s komentatorom. U ovom dijelu prevladava zelena boja, odnosno iz toga slijedi da je govorno signalno opterećenje najmanje, manje čak i od orkestralne glazbe.

Zvukovi su grupirani na temelju kategorije u koju snimljeni zvuk pripada i neovisno o vrijednostima funkcija (Slika 1., 2. i 3.). Neke su funkcije u Tablici 3. izdvojene jer vrijednostima značajno odskakuju od ostalih kategorija (Dodatak 2).

Tablica 3. Vrijednosti funkcija unutar razreda antropofonije. Redosljed redova je takav da gradijent bude što uočljiviji. Legenda: Crveno označava veće vrijednosti; Bijelo označava srednje vrijednosti; Zeleno označava manje vrijednosti.

	$\log(\text{med} \cdot \text{ACI} \cdot \text{H})$	$\log(\text{AGI} \cdot \text{H} \cdot \text{med})$	$\text{S2N} \cdot \text{med}$	$\text{S2N} \cdot \text{med} \cdot \text{H}$	$\log(\text{Median} \cdot \text{Tacti} \cdot \text{vity} \cdot \text{H} \cdot \text{AGI})$	$\log(\text{S2N} \cdot \text{AGI} \cdot \text{median})$	$\log(\text{AGI} \cdot \text{tAct})$
Mangio pasta	2.144	2.848	2.827	1.328	1.255969	3.740	2.34188
spectre	2.218	3.445	2.808	1.571	1.305861	4.240	2.307813
Jala brat	2.075	2.499	2.255	1.181	0.785781	3.366	1.777127
reklame	1.842	2.368	1.666	0.933	0.589	3.264	1.166
dnevnik	1.513	1.499	1.605	1.049	0.532	2.383	1.107
pikamer	1.942	0.703	1.707	1.412	0.175	1.371	0.417
spiderman	1.705	0.889	2.020	0.915	0.267	1.909	0.778
Waltzer dei fiori	1.657	1.229	1.306	0.761	0.371	2.157	1.011
Fanfare (Star wars)	1.428	0.790	1.257	0.675	0.376	1.858	1.207
Vivaldi	1.255	0.885	0.702	0.472	0.282	1.917	1.228
Mozzart	1.092	0.681	0.855	0.413	0.353	1.925	1.519
Pejačević	1.380	0.462	1.606	0.711	0.161	1.578	0.809
Rim tim tagi dim	1.650	0.959	0.779	0.457	0.051	1.672	0.282
utakmica	0.883	0.827	0.703	0.445	0.355	1.764	1.278
RTL direkt	1.325	1.070	1.150	0.774	0.231	1.886	0.726
Peterson	0.819	1.133	0.925	0.554	0.662	2.373	1.866
Žižek	0.885	0.618	1.189	0.661	0.272	1.758	1.148
GoT	0.558	0.017	0.333	0.095	0.005	0.391	0.368
Predavanje	0.140	0.391	0.177	0.085	0.158	1.475	1.696

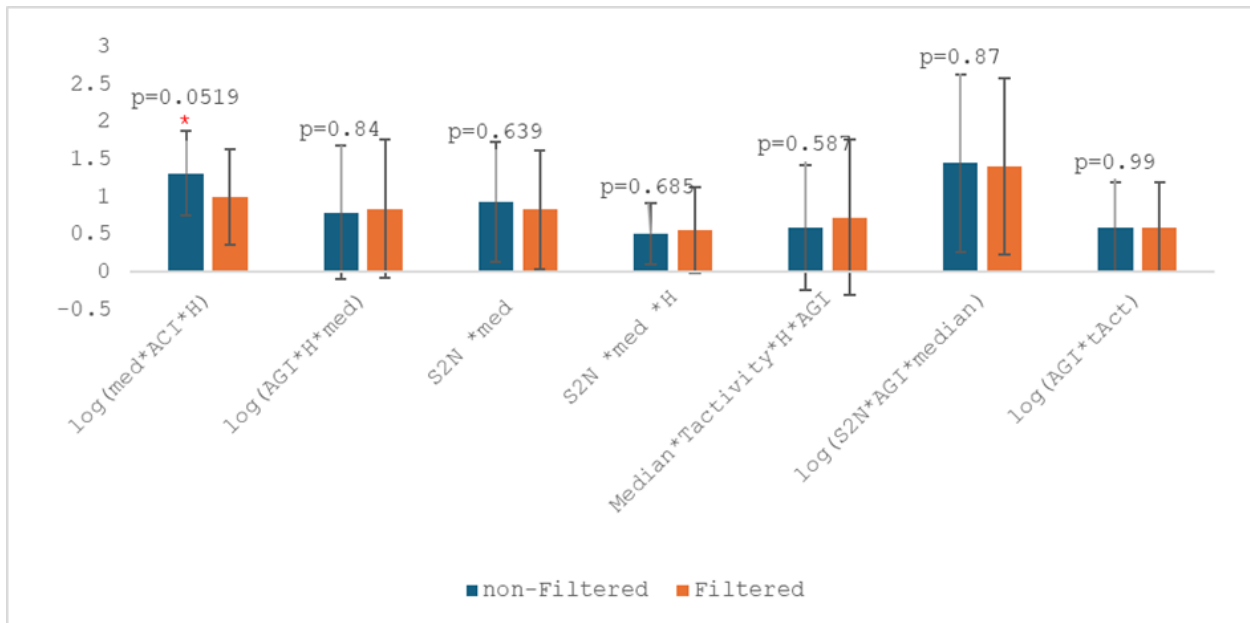
Najniže vrijednosti ima govor, a slijedi ga orkestralna glazba. U izdvojenu kategoriju sa „velikim signalnim opterećenjem“, odnosno opterećenjem zasigurno većim od onog na koje smo evolucijski prilagođeni, spadaju Spectre (elektro-house glazba), Mangio Pasta (trap glazba), Jala brat (turbo-folk), TV reklame i Dnevnik Nove TV. Crvena strelica označava jedinu točku iz kategorije govora koja odskače, a radi se o RTL direktu (Slika 2).



Slika 2. Antropogeni zvukovi podijeljeni u tri kategorije: Govor (plavo), Orkestralna glazba (Žuto), te grupa čije visoke vrijednosti drastično odskakuju od ostalih (Crveno).

Utjecaj uklanjanja buke

Nema značajne razlike kod prisutstva buke i kada se pozadinska buka ukloni (Slika 3), osim kod funkcije $\log(\text{med}*\text{ACI}*H)$, kod koje je razlika značajnosti $p < 0.052$. Kod svih funkcija su uočene velike standardne devijacije (Slika 3).



Slika 3. Prosječne vrijednosti kompozicija funkcija opisanih u Tablici 1, računanje je napravljeno na istom setu podataka, ali jednom s prethodnim uklanjanjem pozadinske buke (Filtered), a drugi put bez (non-Filtered). Legenda: * $p < 0.052$.

Rasprava

Odnos antropogenih i biogenih zvukova

U kategoriju antropofonije spada veliki spektar zvukova koji je samo u mom istraživanju uključio elektroničku glazbu, razgovor ljudi, klasičnu glazbu i mnoge druge zvukove pa je uočena visoka standardna devijacija unutar svake funkcije antropofonije u odnosu na biofoniju očekivana (Slika 1). Postoji značajna razlika između signalne opterećenosti antropofonije i biofonije. Moderno čovjekovo okruženje puno je zasićenije signalima, a time i informacijama nego što je bilo čovjekovo pradavno okruženje i nego što je prirodan okoliš danas (Slika 1). Funkcije istražene u ovom radu vjerojatno predstavljaju obećavajući smjer u razvoju modela koji procjenjuje signalnu opterećenost, posebno na granici između biofonije i antropofonije. Valja napomenuti da vrijednost funkcije $\log(\text{med} \cdot \text{ACI} \cdot H)$ za snimku bijele buke ukazuje na određene nepravilnosti. Naime logika nalaže da bijela buka ne bi smjela imati visoku signalnu opterećenost jer je buka po definiciji potpuno neinformativna. Provjera podataka pokazala je da je visoki indeks zvučne složenosti (ACI – acoustic complexity index) odgovoran za tako visoku vrijednost funkcije $\log(\text{med} \cdot \text{ACI} \cdot H)$, jer je ACI bijele buke daleko najviši ACI od svih testiranih audio zapisa. Prema radu u kojem je ACI predložen (Pieretti i sur., 2011), objašnjeno je da bi on trebao pokazivati velike vrijednosti kada su prekinuti signali snažniji od pozadinske buke te da pri računu koristi pozadinsku buku kao varijablu. S obzirom da bijela buka uopće nema prekinutih signala, možda je došlo do „tihe“ greške jer se ne može odvojiti signal od buke pa račun jednostavno nema smisla. Inače je ACI jako informativan, no zbog čudnog ponašanja kada je buka puno dominantnija od signala, predlažem oprez pri radu s ovim indeksom i njegovom usporedbom među zvučnim zapisima. Za ovaj fenomen nisam siguran postoji li tvrda granica, ali je definitivno korisno pogledati S2N indeks, koji predstavlja omjer signala i buke.

Procjena efektivnosti metode na antropogenim zvukovima

Uočena razlika biofonije i antropofonije nije direktan dokaz da postoji pretjerana signalna opterećenost, ali vrijednosti nekih zvučnih zapisa analiziranih unutar antropofonije jasno ukazuju na drastične količine signala u našim svakodnevicama. Najveće vrijednosti od svih izmjerenih zvučnih zapisa imaju oni koji pripadaju reklamama i elektroničkoj glazbi (Mangio Pasta, Spectre, Jala i Buba), a slijede ih Dnevnik Nove TV. Radi se o audio zapisima sa stalnim, vrlo intenzivnim zvučnim efektima, pa su stoga visoke vrijednosti u skladu s očekivanjima. Mnoge informativne kuće imaju specijalne timove zadužene da sadržaj učine što zanimljivijim i što uzbudljivijim, kako bi živčanom sustavu što veće mase ljudi poslužio kao mamac (eng. *click-bait*) da ostanu na nekoj stranici ili kanalu. Ljudski živčani sustav najvjerojatnije nije prilagođen ovako velikoj količini zvučnog signala, a vjerojatni niti modernoj količini vizualnih signala. Mnogi su radovi već izvijestili o padu koncentracije kod školske djece (Park & Park, 2021), kao i o porastu psihičkih bolesti zbog pretjerane konzumacije tehnologije. Jedan od najvećih problema je ovisnost o velikoj količini informacija (Kuss i sur., 2018). Zabrinjavajuće je da su reklame i informativni program, a oboje konzumiramo svakodnevno u velikim količinama, gotovo jednako zvučno zahtjevne koliko i najotkačenija elektronička glazba. Moram naglasiti važnost razmatranja potencijalnog uvođenja zakonskih regulacija količine signalnog opterećenja u urbanim sredinama.

Činjenica da govor sadrži manje signala od cijelog orkestra u harmoniji ima smisla, no to je tako samo u zvukovnoj domeni. Ako uključimo i vidnu domenu, govor može sadržavati mnogo više signala od slušanja glazbe jer interakcija s osobom u uključuje i neprestano promatranje pokreta ruku, očiju, lica i tijela sugovornika. Jedan od zanimljivijih nalaza je definitivno "RTL direkt" za koji su dobivene mnogo niže vrijednosti nego kod ostalog informativnog programa (Tablica 3. i Slika 2.). Vrijednosti RTL direkta su ipak značajno iznad prosjeka govornog razreda. Moja je hipoteza da bi vrijednostima višima od govornih uzrok to mogli biti popratni zvučni efekti tijekom emisije jer se jedino po njima RTL direkt razlikuje od ostalih snimki govora. Zanimljivo je da RTL direkt nije signalno opterećen ni približno koliko primjerice Dnevnik Nove TV, barem na temelju mojih preliminarnih usporedbi. Veći set podataka možda bi pokazao drugačije vrijednosti.

Utjecaj uklanjanja buke

Razlog velikih uočenih standardnih devijacija vjerojatno je široko obuhvaćen spektar zvukova. Očekivane su velike razlike između primjerice elektroničke glazbe i pjeva ptica ili između stridulacije zrikavaca i zagrijane debate o prednostima kapitalizma nad komunizmom (Dodatak 2. —Žižek, Peterson). Prema podacima sa Slike 3., jedina je razlika u prvom stupcu ($\log(\text{median} * \text{ACI} * H)$) utvrđena kao značajna, razlog tomu je vjerojatno prisutnost indeksa zvučne kompleksnosti (ACI). Naime, primjetio sam da se njegova vrijednost najviše promijeni uklanjanjem pozadinske buke. To zapravo ne bi trebalo čuditi s obzirom da on optimalno funkcionira bez uklanjanja buke jer koristi pozadinsku konstantu buke kao varijablu u računu (Pieretti i sur., 2011), dakle ako uklonimo buku, vrijednost varijable pozadinske buke će zauzeti neki drugi tonovi koji su zapravo dio signala. Prema tome, pri izračunu bilo kojeg indeksa koji sadrži ACI je bolje koristiti podatke dobivene bez prethodnog uklanjanja pozadinske buke. Ustanovio sam da uklanjanje pozadinske buke metodom spektralnog oduzimanja (engl. *spectral subtraction*) nema značajan utjecaj na vrijednosti funkcija (Slika 3) pa ovaj dio metodologije možda nije značajan za buduća istraživanja.

Zaključci

Mjerenje signalne opterećenosti u svakodnevnom životu životinja grana je biologije koja je još u razvoju. Ekoakustički indeksi dobra su početna metoda za daljnji razvoj metoda mjerenja signalne opterećenosti zvučne domene. Metoda bi mogla biti primjenjiva i na vizualnu domenu, a pogotovo bi zanimljiva mogla biti kombinacija obju domena jer bi se time pokrila većina podražaja.

Govor predstavlja nizak signalni podražaj i u usporedbi s gotovo svim drugim oblicima antropofonije, čak i klasične glazbe, nosi iznimno nisku dozu signalnog opterećenja. Visoku razinu zvučnih podražaja predstavljaju gotovo svi oblici elektronične antropofonije, a posebno se ističu elektronička glazba, dnevnik i reklame. Ovim je stimulansima čovjek izložen svaki dan, a prisutni su u našem okolišu tek nekoliko desetljeća.

Ulazim podacim se ne mora uklanjati pozadinska buka, dapače pokazalo se korisnim ju ostaviti.

Slijedeći koraci u razvoju ove grane su primjena metode na veliki skup ulaznih podataka, uključujući vizualne podražaje, te uspostava bolje klasifikacije i granica zvučnog opterećenja što bi otvorilo vrata zakonskoj regulaciji signalnog opterećenja u urbanim sredinama.

Zahvala

Hvala mojem mentoru, docentu Josipu Skeji, na posvećenom mentoriranju i iznimno korisnim kritikama.

Literatura

Andrews, P., Wang, H., Valente, D., Serkhane, J., Mitra, P.P., Saar, S., Tchernichovski, O. and Golani, I. (2006) 'Multimedia signal processing for behavioral quantification in neuroscience', *Proceedings of the 14th ACM International Conference on Multimedia (MM '06)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, str. 1007–1016.

Araya-Salas, M., Smith-Vidaurre, G., Chaverri, G., Brenes, J.C., Chirino, F., Elizondo-Calvo, J. and Rico-Guevara, A. (2023) 'ohun: An R package for diagnosing and optimizing automatic sound event detection', *Methods in Ecology and Evolution*, 14(9), str. 2259–2271.

Bates, M.J. (2010) 'Information', in Bates, M.J. and Maack, M.N. (eds.) *Encyclopedia of Library and Information Sciences*, 3rd edn. New York: CRC Press, str. 2347–2360.

Bradfer-Lawrence, T., Duthie, B., Abrahams, C., Adam, M., Barnett, R.J., Beeston, A., Darby, J., Dell, B., Gardner, N., Gasc, A., Heath, B., Howells, N., Janson, M., Kyoseva, M.-V., Luypaert, T., Metcalf, O.C., Nousek-McGregor, A.E., Poznansky, F., Ross, S.-J., ... Froidevaux, J.S.P. (2024) 'The Acoustic Index User's Guide: A practical manual for defining, generating and understanding current and future acoustic indices', *Methods in Ecology and Evolution*, 00, str. 1–11.

Brosnan, S.F. i de Waal, F.B.M. (2003) 'Monkeys reject unequal pay', *Nature*, 425(6955), str. 297–299.

Buxton, R.T., McKenna, M.F., Clapp, M., Meyer, E., Stabenau, E., Angeloni, L.M., Crooks, K. i Wittemyer, G. (2018) Efficacy of extracting indices from large-scale acoustic recordings to monitor biodiversity. *Conservation Biology*, 32, str.1174-1184.

Chakravorty, P. (2018) 'What is a signal? [Lecture Notes]', *IEEE Signal Processing Magazine*, 35, str. 175–177.

Donaldson, M.R., Arlinghaus, R., Hanson, K.C. i Cooke, S.J. (2008) Enhancing catch-and-release science with biotelemetry. *Fish and Fisheries*, 9, str.79-105.

Doyle, L.R. (2009) 'Quantification of information in a one-way plant-to-animal communication system', *Entropy*, 11(3), str. 431–442.

Dumov, A. and Zaitseva, N. (2023) The concept of signal: its definition and philosophical using. *Vestnik of Samara State Technical University. Series Philosophy*, 5(2), str. 41-50.

Ellis, K. i Delaney, D. (2002) Signal definition and test description - an IEEE standard. *Proceedings of IEEE AUTOTESTCON*, Huntsville, AL, USA, str.380-393.

Farina, A. (2024) *The Acoustic Complexity Indices (ACIs): Theoretical and applied perspectives*. Advance, August 10.

Farina, A. i Gage, S.H. (2017) Ecoacoustics: A New Science. In: A. Farina i S.H. Gage, eds. *Ecoacoustics*. Springer, str. 1-11.

Fisher, H.E., Aron, A. and Brown, L.L. (2006) 'Romantic love: a mammalian brain system for mate choice', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361, str. 2173–2186.

Ford, J. K. B. (1984) Call traditions and dialects of killer whales (*Orcinus orca*) in British Columbia (Doctoral dissertation, University of British Columbia).

Hahn, A., Breakspear, M., Rischka, L., Wadsak, W., Godbersen, G.M., Pichler, V., Michenthaler, P., Vanicek, T., Hacker, M., Kasper, S., Lanzenberger, R. and Cocchi, L. (2020) 'Reconfiguration of functional brain networks and metabolic cost converge during task performance', *eLife*, 9.

Hanson, A. (2023) 'On being a Hydra with, and without, a nervous system: what do neurons add?', *Animal Cognition*, 26, str. 1799–1816.

Haurt, W. (1966) 'Phototaxis in plants', *International Review of Cytology: A Survey of Cell Biology*, 19, str. 267–299.

Kuss, D.J., Kanjo, E., Crook-Rumsey, M., Kibowski, F., Wang, G.Y. & Sumich, A. (2018) Problematic mobile phone use and addiction across generations: The roles of psychopathological symptoms and smartphone use. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 3, str.141-149.

Jacoby, J. (1977) 'Information load and decision quality: some contested issues', *Journal of Marketing Research*, 14(4), str. 569–573.

Kohlstedt, K. (2016) Clean City Law: The secrets of São Paulo's uncovered outdoor advertising ban. 99% Invisible. Dostupno na linku <https://99percentinvisible.org/article/clean-city-law-secrets-sao-paulo-uncovered-outdoor-advertising-ban/> (Pristupljeno 7. rujna 2024).

Ladich, F. (2014) Fish bioacoustics. *Current opinion in neurobiology*, 28, 121-127.

Lucky, R.W. (1989) *Silicon dreams: information, man and machine*. New York: St. Martin's Press str. 37

Menon, V. and Uddin, L.Q. (2010) 'Saliency, switching, attention and control: a network model of insula function', *Brain Structure and Function*, 214(5-6), str. 655–667.

Odom, K.J., Araya-Salas, M., Morano, J.L., Ligon, R.A., Leighton, G.M., Taff, C.C., Dalziell, A.H., Billings, A.C., Germain, R.R., Pardo, M., de Andrade, L.G., Hedwig, D., Keen, S.C., Shiu, Y., Charif, R.A., Webster, M.S. and Rice, A.N. (2021) 'Comparative bioacoustics: a roadmap for quantifying and comparing animal sounds across diverse taxa', *Biological Reviews*, 96(3), str. 1135–1159.

Opris, I. and Bruce, C.J. (2005) 'Neural circuitry of judgment and decision mechanisms', *Brain Research Reviews*, 48(3), str. 509–526.

Park, J.H. & Park, M. (2021) Smartphone use patterns and problematic smartphone use among preschool children. *PloS One*, 16(3), str.e0244276.

Penar, W., Magiera, A., i Klocek, C. (2020) Applications of bioacoustics in animal ecology. *Ecological complexity*, 43, 100847.

Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S.L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H. and Pieretti, N. (2011) 'Soundscape ecology: The science of sound in the landscape', *BioScience*, 61(3), str. 203–216.

Pieretti, N. i sur. (2011) 'A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI)', *Ecological Indicators*, 11(3), str. 868–873.

Posner, M.I., Nissen, M.J. and Klein, R.M. (1976) 'Visual dominance: an information-processing account of its origins and significance', *Psychological Review*, 83(2), str. 157–171.

Ravignani, A. and Norton, P. (2017) 'Measuring rhythmic complexity: A primer to quantify and compare temporal structure in speech, movement, and animal vocalizations', *Journal of Language Evolution*, 2(1), str. 4–19.

Riede, K. (1998) Acoustic monitoring of Orthoptera and its potential for conservation. *Journal of insect conservation*, 2(3), 217-223

Sueur, J., Aubin, T. and Simonis, C. (2008) 'Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis', *Bioacoustics*, 18(2), str. 213–226.

Tattersall, I. (2014) 'An evolutionary context for the emergence of language', *Language Sciences*, 46, str. 199–206.

Trout, J. and Rivkin, S. (2011) *Differentiate or Die: Survival in Our Era of Killer Competition*. 2nd edn. New York-Wiley, str. 3

Ulloa, J.S., Hauptert, S., Latorre, J.F., Aubin, T. and Sueur, J. (2021) 'scikit-maad: An open-source and modular toolbox for quantitative soundscape analysis in Python', *Methods in Ecology and Evolution*, 12, str. 2334–2340.

Vohs, K.D., Baumeister, R.F., Schmeichel, B.J., Twenge, J.M., Nelson, N.M. and Tice, D.M. (2008) 'Making choices impairs subsequent self-control: a limited-resource account of decision making, self-regulation, and active initiative', *Journal of Personality and Social Psychology*, 94(5), str. 883–898.

DODATCI

U dodatcima je priložena tablica koja sadrži zvučne zapise iz divljine (biofonija, Dodatak 1.), zvučne zapise koje je proizveo čovjek (antropofonija, Dodatak 2.) i kod za programski jezik Python korišten za analizu funkcija (Dodatak 3).

Dodatak 1. Tablica koja prikazuje prirodne zvučne zapise analizirane u ovom istraživanju. Prvi redak prikazuje analizirani zvuk, drugi originalni naziv zvučnog zapisa i treći izvor zvuka.

Analizirani zvuk	Originalno ime na izvoru	Izvor
Zvuk prašume u Gabonu noću	Nocturnal_forest_Gabon.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Zvuk kiše u prašumi u Gabonu	Rain_in_forest_Gabon.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Zvuk prašume u Gabonu danju	Diurnal_forest_Gabon.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Zvuk prašume u Brazilu	Rain_in_forest_Brazil.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Sokol <i>Herpetotheres cachinnans</i>	Laughing_falcon.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Palčić <i>Troglodytes troglodytes</i>	Eurasian_wren.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Zvuk prašume u Peruu	Evening_forest_Peru.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Kukci i žabe u Peruu	Frog_and_insect_chorus_Peru.wav	https://zenodo.org/records/11004284
Zvuk savane	rock_savanna.wav	https://github.com/scikit-maad/scikit-maad/tree/production/data

Dodatak 2. Prikaz zvučnih zapisa korištenih za analizu antropofonije. Prikazan je naziv korišten u analizi, kratki opis zvučnog zapisa, kategorija zapisa i izvor zvučnog zapisa.

Naziv	Opis	Kategorija	Izvor
Utakmica	TV prijenos utakmica Dinamo Quarabag 28.8.2024	Govor	Snimljeno mikrofonom Samsung galaxy A53
Dnevnik	Dnevnik Nova tv 29.8.2024.	Izdvojeni	Snimljeno mikrofonom Samsung galaxy A53
Reklame	Reklame nova tv u vrijeme najveće gledanosti - 20h	Izdvojeni	Snimljeno mikrofonom Samsung galaxy A53
RTL direkt	RTL direkt emisija 28.8.2024.	Govor	Snimljeno mikrofonom Samsung galaxy A53
Spiderman	Pjesma „The amazing-spiderman 2 theme song“ autora Hans Zimmer	Orkestralna glazba	https://www.youtube.com/watch?v=x6UZfZx3ChY
Jala brat	Pjesma „Klinka“ autora Jala brat i Buba Coreli	Izdvojeni	https://www.youtube.com/watch?v=xsHI08XSwsI
Peterson	Jordan Peterson debatira sa Slavojem Žižekom	Govor	https://www.youtube.com/watch?v=qsHJ3LvUWTs
Rim tim tagi dim	Pjesma „Rim tim tagi dim“ autora Baby Lasagna	Orkestralna glazba	https://youtu.be/kmg8EAD-Kjw?si=V3RmjZB_KaJ2eV0Q
Mangio pasta	Pjesma „Mangio Pasta“ autora Grše i Peki	Izdvojeni	https://youtu.be/hEEPGx-NUyQ?si=eORrHjtOmczCzzc
Spectre	Pjesma „Spectre“ autora Alan Walker	Izdvojeni	https://youtu.be/wJnBTPUQS5A?si=3KSjGmrommL1MuGg
Žižek	Slavoj Žižek debatira s Jordan Petersonom	Govor	https://www.youtube.com/watch?v=qsHJ3LvUWTs
GoT	Igra prijestolja sezona 8 epizoda 2	Govor	Snimljeno mikrofonom Samsung galaxy A53
Predavanje	Korado Korlević - umjetna inteligencija	Govor	https://youtu.be/rYx0a2hINLE?si=x77cBEcu81tyWjfr
Pikamer	Jackhammer.WAV	Izdvojeni	https://zenodo.org/records/11004284
Vivaldi	Song „Four seasons“ autora Anotnio Vivaldi	Orkestralna glazba	https://youtu.be/GRxofEmo3HA?si=h4ZUq5oTkU6ZCeD9
Mozzart	Pjesma „Lacrimosa“ autora Wolfgang Amadeus Mozart	Orkestralna glazba	https://youtu.be/k1-TrAvp_xs?si=EARDgVgBp_C1Up-b
Pejačević	Pjesma „Ljiljani“ autorice Dora Pejačević	Orkestralna glazba	https://youtu.be/qhowxiDpvdE?si=fKSx9zhs9yR0IFH7
Waltzer dei Fiori	Pjesma „Waltze dei Fiori“ autora Pyotr I. Tchaikovsky	Orkestralna glazba	https://youtu.be/ly6Ah_qJn2w?si=yaCN0I4DVviAMelx
Fanfare Star wars	Pjesma „Fanfare and prologue“ autora John Williams	Orkestralna glazba	https://youtu.be/UOqtn4DZerA?si=_e-fHd2vjJICMAyF

Dodatak 3. - Programski kod korišten za računanje funkcija

```
import maad
from maad import sound, rois, spl, features, util
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd

S=[s1,s2,s3,...,sN] #different sound-recordings
FS=[fs1,fs2,fs3,...,fsN] #sampling frquencies of each entry sound-recording
row_names=['ACI','AGI',...] #columns names for each index

df = pd.DataFrame(index= row_names, columns=column_names )

for n in range(len(S)): #for each sound-recording

    #loads signal and sampling frequency from L
    s=S[n]
    fs=FS[n]

    print('now performing' + str(n))
    #generates spectrogram and converts is into dB spectrogram

    Sxx_P, tn, fn, ext=sound.spectrogram(s, fs)
    #Sxx_A_noNoise, tna, fna, exta = sound.spectrogram(s, fs, mode=
    'amplitude')
    Sxx_dB = util.power2dB(Sxx_P)+96 #I think that is only so that I have
    positive values

    #removes noise from the dB spectrogram
    Sxx_dB_noNoise, noise_profile, c = sound.remove_background(Sxx_dB)

    #converts denoised dB spectrogram back into power and amplitude
    spectrograms
    Sxx_A_noNoise=util.dB2amplitude(Sxx_dB_noNoise)
    Sxx_P_noNoise=util.dB2power(Sxx_dB_noNoise)

    #Analiza indeksima
    med = features.temporal_median(s)
    df.loc[row_names[n], 'median'] = med

    tEntropy=features.temporal_entropy(s)
    df.loc[row_names[n], 'tH'] = tEntropy

    df.loc[row_names[n], 'tActivity'], count, mean=
    features.temporal_activity(s,6)

    a ,b , df.loc[row_names[n], 'ACI']
    =features.acoustic_complexity_index(Sxx_A_noNoise)

    df.loc[row_names[n], 'fH'],
    Ht_per_bin=features.frequency_entropy(Sxx_P_noNoise)

    df.loc[row_names[n], 'H of average spectrum'], ECU, ECV, EPS,
```

```

df.loc[row_names[n], 'Kurt_spectral max'], df.loc[row_names[n], 'Skew
spectral max'] = features.spectral_entropy(Sxx_P_noNoise, fn,
flim=(20,20000))
#EAS, EPS_KURT, EPS_SKEW idu u df

df.loc[row_names[n], 'LFC'], df.loc[row_names[n], 'MFC'],
df.loc[row_names[n], 'HFC'] = features.spectral_cover(Sxx_dB_noNoise, fn) #

df.loc[row_names[n], 'soundscape index'], ratioBA, antroPh, bioPh =
features.soundscape_index(Sxx_P_noNoise,fn,R_compatible=None)

df.loc[row_names[n], 'Leq'] = maad.features.temporal_leq (s, fs,
gain=42)

df.loc[row_names[n], 'LeqF_from spectrogram'], Leqf_per_bin =
maad.features.spectral_leq(Sxx_P_noNoise, gain=42)

a1, a2, df.loc[row_names[n], 'AGI'], a3 =
maad.features.acoustic_gradient_index(Sxx_P, tn[1]-tn[0]) #Noise must
remain, RAW SPECTROGRAM

df.loc[row_names[n], 'bw50'], df.loc[row_names[n], 'bw90']
=features.spectral_bandwidth(s, fs, nperseg=1024) #bw_50 i bw_90

a1,a2,df.loc[row_names[n], 'tS2N'] = maad.sound.temporal_snr(s)

a1,a2, df.loc[row_names[n], 'sS2N'],a3, a4, a5 =
maad.sound.spectral_snr(Sxx_P_noNoise) #snr

```

Životopis

Rođen sam 25. 2. 2003. u Rijeci. Završio sam matematički smjer s pojačanom informatikom u Gimnaziji Andrije Mohorovičića Rijeka. 13 sam godina trenirao kompetitivno plivanje, najveći uspjeh mi je bio tijekom srednje škole, osvojio sam drugo mjesto u državi u kategoriji Juniora u dvije pojedinačne discipline. Osim plivanja, tijekom osnovne i srednje škole bavio sam se glumom te sam se natjecao na školskim natjecanjima u znanju iz matematike, biologije i povijesti. Na državnom sam natjecanju iz biologije 2020. godine osvojio drugo mjesto, te četvrto 2021. Iste godine, član sam Hrvatske reprezentacije na međunarodnoj biološkoj olimpijadi u Portugalu i zajedno s prijateljem osvajam prvo mjesto na natjecanju „Ideja godine“ za najbolju poduzetničku ideju. Tijekom studija, radio sam godinu dana u grupi profesora Vlahovičeka na usporedbi metoda za anotaciju dugih nekodirajućih RNA u de novo složenim transkriptomima. Volim čitati knjige, znanstvene, fiktivne i pogotovo povijesne tematike, posebno volim igrati igre; od nogometa do monopolija. Najdraža molekula trinitrotoluen.