

GLAZBA – SLUH – MOZAK

U seriji članaka skupina autora upoznat će vas sa najnovijim istraživanjima koja pokušavaju rasvijetliti kompleksni proces percepcije zvuka i doživljaja glazbe. Interes za te probleme je vrlo star i seže u antiku (prisjetite se Pitagorejaca), no mi ćemo u ovome prvome nastavku vrlo kratko opisati razvoj od kraja XIX. stoljeća, kada otpočinje eksperimentalno-kvantitativni način izučavanja psihoakustike. U tim istraživanjima nezaobilazno je ime velikog fizičara Johna W. Strutta, poznatijeg kao Lord Rayleigh koji udara temelje psihoakustici i s velikom intuicijom opisuje osnovne značajke percepcije i lokacije zvuka. Daljnja istraživanja postaju sve zahtjevnija glede poznavanja biološko-anatomske potke psihoakustičkih fenomena, pa fizičarima problem postaje odveć "kompleksan" i bojno polje prepuštaju psiholozima, glazbenicima, anatomima i biologima/antropolozima koji sljedećih sto godina mjere i sakupljaju vrijedne podatke. Nažalost, istraživanja su uglavnom postavljala više novih pitanja nego što su davala odgovora, a odgovori su uglavnom bili fenomenološki, no značaj tih istraživanja je neprijeporan, tim više što su ukazala na svu kompleksnost problema.

Brzim razvojem neuroznanosti i interdisciplinarnim pristupom u kojem ponovno sudjeluju i fizičari, od početka sedamdesetih godina XX. stoljeća kreću moderna istraživanja psihoakustike koja daju prve uvide u samu dinamiku psihoakustičke percepcije. Naravno, o tim složenim multidisciplinarnim istraživanjima pisat će veći broj autora, a ja ću preuzeti dužnost opisa istraživanja uže vezanih uz fiziku.

FENOMENOLOGIJA SLUHA

Istraživanja percepcije zvuka u prvoj polovici XX. stoljeća često su se nazivala i psihologijom glazbe, budući da su se određene fiziološke predispozicije ili karakteristike pokušavale povezivati s procesom učenja, izvođenja i komponiranja glazbe. No, meni se čini da je gornji naslov primjereniji (i manje pretenciozan) jer, gledano iz današnje perspektive, ta istraživanja odlikuje naivnost i jednostavnost, dok su problemi zapravo bili mnogo složeniji i paradoksalniji. No, određena zapažanja glede fizioloških osobina i utjecaja učenja na razvoj auditivnih sposobnosti bila su značajna i utjecala su na glazbenu pedagogiju, a iz nekog razloga ni danas nisu odveć poznata audiofilima. Pokušajmo sada ukratko rezimirati znanja koja su sakupljena u tih stotinjak godina, a koja su i danas od interesa za nas.

Fizikalna osnova zvuka

Zvuk nastaje kad se titranje nekog objekta prenese u okolni medij, u našem slučaju to je zrak, i koje se potom tim medijem širi u obliku zvučnog vala, a fizikalno je u potpunosti opisano sa tri veličine: frekvencijom, amplitudom i spektralnom strukturom. Budući da su ti pojmovi već bili obrađivani u časopisu, evo samo kratkog podsjetnika.

Frekvencija se izražava brojem titraja u sekundi, a jedinica je herc (Hz). Više frekvencije zbog kratkoće izražavamo kilohercima (kHz) gdje 1 kHz iznosi 1.000 Hz. Osjetljivost našeg uha nije ustvari proporcionalna amplitudi zvučnog vala, već je daleko bolje opisana logaritmom intenziteta zvuka, i stoga ju najčešće izražavamo u relativnim jedinicama, decibelima (dB), koje mjere logaritamski omjer glasnoće u odnosu na neku dogovorenu normu ili referencu. Logaritamska skala znači da 100 puta veći apsolutni iznos zvučnog tlaka daje povećanje od tek 20 dB, a najčešće upotrebljavana referenca je određena donjim pragom osjetljivosti za pro-

sječno fiziološki zdravo uho. Za ilustraciju navedimo da vrlo tihi šapat ili *ppp* standardnog orkestra je +20 dB iznad toga praga, vrlo glasan razgovor ili *mf* orkestra je +65 dB, a *fff* orkestra doseže i preko +95 dB, dok se granica bola javlja iznad +125 dB. Dakle, od ukupnog dinamičkog raspona slušnog aparata od 125 dB, glazba prekriva 80-tak decibela ili gotovo čitavo "upotrebljivo" područje. Posljednju i najsloženiju veličinu, strukturu ili formu tona matematički opisujemo Fourierovom analizom, a vizualno ju predočavamo spektrogramom. Zvuk koji se sastoji od samo jedne vrste titraja ili frekvencije nazivamo sinusoidalnim ili čistim (glazbenim) tonom, a ako sadrži neizmjenjivo mnogo titranja, govorimo o šumu. Napomenimo da glazbeni tonovi muzičkih instrumenata sadrže najviše do 40-ak čistih tonova ili harmonika, a sâm timbar je definiran njihovim brojem, rasporedom i relativnim intenzitetom.

Percepcija zvuka

Neću niti pokušavati opisati način prijenosa zvučnog vala iz medija preko vanjskog i unutrašnjeg uha u neuronski signal koji prenosi zvučne senzacije u mozak. Prepuštam pozvanijoj osobi da tu interesantnu tematiku obradi u zasebnom članku. Zadržat ću se na fenomenologiji sluha, tj. na fiziološkim sposobnostima i ograničenjima slušnog aparata, što je od primarnog interesa i za audiofile i za glazbenike.

U glazbi rabimo nešto drugačiju terminologiju nego u fizici, pa govorimo o visini tona, glasnoći ili dinamici i timbru glazbenog tona, a za sada ćemo pretpostaviti da se radi o veličinama identičnima onima iz fizike. Naravno, u glazbi se pored tih veličina još vrlo precizno određuje i trajanje glazbenog tona.

Zdravo (i mlado) ljudsko uho može registrirati tonove u rasponu od 16 Hz do 20 kHz, no stvarni raspon ovisi o strukturi i glasnoći tona. Pa tako za vrlo glasne čiste

(sinusoidalne) tonove donji limit može iznositi i samo 12 Hz, dok za kratke, harmonički bogate zvukove on se penje i iznad 80 Hz. S godinama gornja se granica spušta, pa iskusni audiofilili (čitajte oni preko četrdeset) najčešće ne čuju iznad 16 kHz, a ukoliko puše, granica se spušta još nekoliko kHz niže. No nas zapravo zanima rezolucija slušnog aparata, tj. sposobnost razlučivanja bliskih frekvencija. Ispitivanja su pokazala da se za nasumično odabrani uzorak odraslih pojedinaca ta sposobnost kreće između 0,5 i 3 Hz za frekvencije oko 440 Hz. Na uzorku glazbenika renomiranog orkestra mjerenja su se grupirala između 0,1 i 1 Hz, i to za ton od 54 Hz, što daje nevjerovatnu osjetljivost na promjenu visine tona od samo 1/540-tinke tona!

Sljedeća varijabla je glasnoća ili dinamika, prema kojoj se glazbenici odnose pomalo "maćehinski", a ukoliko se u to želite uvjeriti, pogledajte tone tekstove i vidjet ćete vrlo precizno zapisivanje visine tona i njegova trajanja, a vrlo rijetko glasnoće. To, naravno, ne znači da dinamika u glazbi nije bitna, već da je znatno više prepuštena slobodi interpretiranja. Rezolucija dinamike zvuka također ovisi o nizu faktora, kao što su visina, glasnoća i timbar tona, a u kritičnom srednjem području (500 Hz do 5 kHz) pod najpovoljnijim uvjetima kreće se od 1 do 2 dB. Međutim, vrsni pijanisti ne samo da razlikuju nego mogu i odsvirati fine dinamičke gradacije od samo 0,1 dB. Nevjerovatno!

Timbar ili forma glazbenog tona, kao što smo već napomenuli, je najsloženiji parametar zvuka, a razmotrit ćemo ga na primjeru žičanih instrumenata, koji glazbene tonove proizvode titranjem žica. Iz fizike znamo da će svaka žica ujedno titrati cijelom dužinom (osnovni ton), polovicom dužine (prvi ili osnovni harmonik), trećinom (drugi harmonik), četvrtinom (treći harmonik), itd. Žice glazbenih instrumenata ne titraju slobodno u prostoru, već im je zvuk pojačan i modificiran rezonantnim tijelima samih instrumenata, potom dodatno moderiran pritiskom izvođačeva gudala, prsta i tijela, a, osim toga, i same žice su napravljene iz vrlo raznolikih materijala, pa sve to rezultira nevjerovatnim bogatstvom timbra različitih žičanih instrumenata ili različito odsviranih osnovnih tonova na istom instrumentu. Slično vrijedi i za glazbene tonove proizvedene titranjem zraka u rezonantnoj šupljini (puhači instrumenti) ili one proizvedene titranjem ploha (udaraljke). Dakle, bogatstvo oblika i materijala u izradi glazbenih instrumenata posljedica je stalne težnje skladatelja ka što većoj slobodi u glazbenoj (i emocionalnoj) ekspresiji, a time i bogatijoj paleti glazbenih tonova. U današnjem orkestralnom zvuku flauta je instrument "najčišćeg" zvuka, ili najmanje voluminoznosti zvuka, jer je više od 95% njezine zvučne energije sadržano u osnovnom harmoniku. Nasuprot tomu, tuba u najnižem registru gotovo svu energiju projicira u trećem i četvrtom harmoniku, između 300 i 400 Hz i otuda njen osobit zvuk. Francuski rogovi, pak, svoj bogat i mekan zvuk mogu zahvaliti izbalansiranom rasporedu akustičke energije preko širokog spektra harmonika između 200 i 600 Hz, dok klarineti svoj karakterističan zvuk dobivaju zbog dominacije neparnih harmonika. Kompleksnost timbra nije moguće opisati samo jednim kvantitativnim pokazateljem koji bi ujedno opisao i osjetljivost i rezoluciju slušnog aparata, no postoje standardizirani testovi, i kao i za ostale varijable zvučnog vala, izmjerene su vrlo velike individualne razlike.

Napomenimo da spomenuta voluminoznost zvuka nije, kako se često rabi, sinonim za intenzitet ili glasnoću zvuka, već je to *složeni* pojam (prisjetite se "Malog audio pojmovnika") na koji, osim intenziteta zvuka, utječu i mnoge druge varijable. U pravilu, povećanoj voluminoznosti tona pridonosi bogatiji timbar (povećani broj harmonika i njihova veća protežnost u dubokotonsko područje), duže trajanje tona, veća reverberacija prostorije ili koncertne dvorane, a utječu čak i subjektivni faktori, kao što su naše znanje o veličini instrumenta ili izvođačkog tijela, ili naš emocionalni doživljaj tona, stoga ne čude ni vrlo velike subjektivne razlike u doživljavanju volumena nekog tona.

Iz svakodnevnog života znamo da sposobnost "mjerenja" vremena značajno varira, pa nekome nikada ne treba *vekerica*, a nekome gotovo uvijek. Osim toga, i "protjecanje" vremena u kraćim vremenskim razdobljima je podložno procjeni na koju utječe subjektivno stanje pojedinca, te brzina i slijed događanja u tom periodu, pa 15 minuta drugačije "traje" u zubarskoj čekaonici nego na zanimljivoj sportskoj priredbi. Naš slušni aparat registrira samo tri već opisane fizikalne varijable zvuka, dok na mjerenje vremena pretežno utječe točnost unutrašnjih bioloških ritmova i tzv. diferencijalna pažnja. U samoj glazbi vrijeme je dobro definirana i zapisivana varijabla, a tempo i ritam su svima dobro poznati pojmovi. Uobičajena rezolucija trajanja tonova kreće se između 0,1 i 0,2 sekunde, no kod nekih pojedinaca izmjerene su osjetljivosti na promjene trajanja tona od samo jedne stotinke sekunde.

Odabir glazbala i audiosistema

Ne bih znao jesu li audiofilili po svojim slušnim sposobnostima bliži općoj populaciji ili glazbenicima, jer takva istraživanja, koliko ja znam, nisu nikada provedena. No, vjerovatno ćete pomisliti da to što mi toliko slušamo glazbu vjerovatno razvija naše sposobnosti u odnosu na prosječnu osobu. Na žalost, vašu i moju, to nije tako. Istraživanja su pokazala da se gore opisane sposobnosti glede rezolucije različitih aspekata zvuka značajno ne poboljšavaju praksom ili učenjem, već da su vrhunski glazbenici dosegli vrhunce izvrsnosti zbog svojih superiornih fizioloških predispozicija, a svi oni "prosječni" su otpali selekcijom tijekom školovanja. Stoga je "mučenje" djeteta, budućeg "virtuoza", satovima violine ili glasovira besmisleno i frustrirajuće ukoliko mu je rezolucija slušnog aparata "prosječna", npr. "samo" 1/20-tinku tona i/ili "samo" 1 dB.

Ova relativno stara i dobro poznata istraživanja, nažalost ne i u audiofilskim krugovima, pokazala su da se slušni aparat mladog i perspektivnog violinista ili dirigenta mora odlikovati odličnom i ujednačenom rezolucijom svih komponenti glazbenog tona, dok pijanistu, koji u svojoj "domeni" ima kontrolu uglavnom nad intenzitetom i trajanjem tona – visinu tona i timbar "određuje" instrument, prvenstveno treba superiorna rezolucija tih dvaju komponenti glazbenog tona. Za očekivati je da su kod audiofila neujednačenosti u rezoluciji ovih četiriju varijabli zvuka znatne, i stoga moguća "naglušost" glede visine tona ili timbra ili dinamike, a to će onda dramatično utjecati na njihov odabir audiosistema. Na njihov "ukus" dodatno će utjecati i način slušanja i vrsta glazbe koju slušaju. Moglo bi se postaviti i pitanje koliko je sam izbor glazbe uvjetovan njihovim fiziološkim predispozicijama. Dakle, pouka ovog članka bi trebala biti da su naše sposobnosti vrlo individualne i jedinstvene i stoga se, kada odabiremo instrument koji bismo željeli svirati ili sistem koji bismo željeli posjedovati, prvenstveno trebamo osloniti na procjenu vlastitih sposobnosti i sklonosti, bilo samostalno ili, još bolje, uz pomoć eksperta, a tuđa iskustva, odabiri i "ukusi" nam tu ne mogu biti od velike pomoći.

Za kraj evo i jedne "anegdote", koja zorno oslikava nerazumijevanje i neprepoznavanje pravih psihoakustičkih problema u audiofilskim krugovima. Naime, u renomiranom američkom audiofilskom časopisu recenzenti su počeli, na učestale zahtjeve čitatelja, testirati svoj sluh glede granice čujnosti visokih tonova?! Koje li zablude! Ako nam je živa glazba referenca, ideal i utopija, čemu to? Zar nisu shvatili bit svega – i *high-enda* i glazbe same. Ja bih osobno rado imao "sluh" jednog Matačića ili Klemperera iz doba kada su bili u zenitu svoga stvaralaštva, bez obzira na to što bih "žrtvovao" par kiloherca. Dakle, umjesto CD-a s usnimljenim tonovima, mnogo korisnije bi im bilo praćenje već vrlo obimne stručne literature, jer subjektivna prosudba jest temeljac high-end recenziranja, no ona ne smije biti krinkom "subjektivizmu", tj. neobaviještenosti i neznanju.