

# Návrh metodiky poslechových testů pro zjišťování směrové závislosti barvy zvuku

Directional dependence of timbre and loudness is studied for violin tone  $d^1$ . A violin was played in an anechoic room and recorded simultaneously using microphones arranged in a circle, sixteen microphones in five consecutively adjusted planes and nine microphones in two planes. The goal was to develop a technique for subjectively describing directional dependence of timbre and loudness. The sound sorting for establishing categories of similar timbres together with their word description was arranged both for sixteen (nine) sets of signals and all 98 signals. The sorting results are compared with perceptual spaces obtained by multidimensional scaling from dissimilarity matrixes of pair comparison of signal sets and of representatives of categories.

## 1. ÚVOD

Barva zvuku hudebního nástroje je určována množstvím akustické energie jednotlivých spektrálních složek, které jsou zachyceny sluchem posluchače. V reálném poslechovém prostoru je výsledný vjem zvuku ovlivněn polohou nástroje, směrovými vlastnostmi vyzařování hudebního nástroje, vlastnostmi prostoru i vzájemnou polohou nástroje a posluchače, které jsou navíc komplikovány změnou polohy nástroje při hře, časovými změnami vyzařování nástroje i časovým zpožděním odrazů. Pro nalezení vhodné polohy hudebníka s nástrojem a posluchače nebo záznamového mikrofону v poslechovém prostoru je nezbytné studovat směrovost vyzařování nástroje a její vliv na vnímanou barvu zvuku.

Použití metody šestnáctikanálového záznamu zvuku hudebních nástrojů [1] pro záznam tónů houslí hraných hudebníkem v bezodrazové místnosti umožnilo eliminovat problémy spojené s jinak obtížně realizovatelnou avšak nezbytnou opakovatelností hry hudebníka. Metodika vypracovaná pro hodnocení směrovosti vyzařování houslí byla popsána v [2].

Schopnost posluchačů rozlišit a slovně popisovat barvu zvuku několika houslových tónů hraných na různé nástroje a majících stejnou výšku, hlasitost a dobu trvání, byla experimentálně potvrzena v [3]. Cílem současného výzkumu bylo ověřit možnosti posluchačů při rozlišování barvy zvuku tónů houslí zaznamenávaných v různých směrech a najít vhodné postupy pro uskutečnění poslechových testů i hodnocení jejich výsledků.

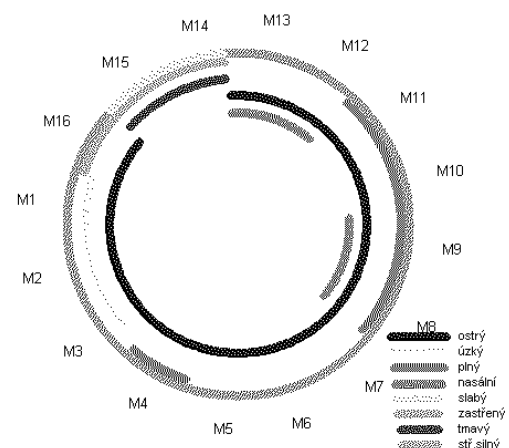
## 2. METODA A VÝSLEDKY

Výsledkem použití metody šestnáctikanálového záznamu zvuku v pěti záznamových rovinách je celkem 98 signálů v sedmi souborech po 16-ti resp. 9-ti signálech, které popisují vyzářování nástroje v různých směrech. Protože z jednoho zahrání tónu pocházely pouze záznamy z těch 16-ti mikrofonů, které ležely v jedné vodorovné rovině, byla při nahrávání ve všech polohách roviny mikrofonů věnována zvýšená pozornost dodržení shodného nasazení (od žabky), hlasitosti (68 dB), polohy smyčce na struně (první ze žíní svazku smyčce 25 mm od kobyly), doby trvání tónu (1.2 s) a doznění. Shodná výška byla zajištěna použitím tónu hraného na prázdné struně. Signály byly nahrávány v bezdrazové místnosti HAMU splňující normu ISO3745 [1]. Pro korekci hodnot napětí časového průběhu signálu od mikrofonů z jednotlivých rovin na stejnou vzdálenost od středu nástroje (1550 mm od bodu mezi nohama kobyly) byl použit vztah  $u_{\text{korigované}} = u_{\text{původní}} * r / 1550$ , kde  $u$  značí napětí [V],  $r$  původní vzdálenost mikrofonu od zdroje [mm].

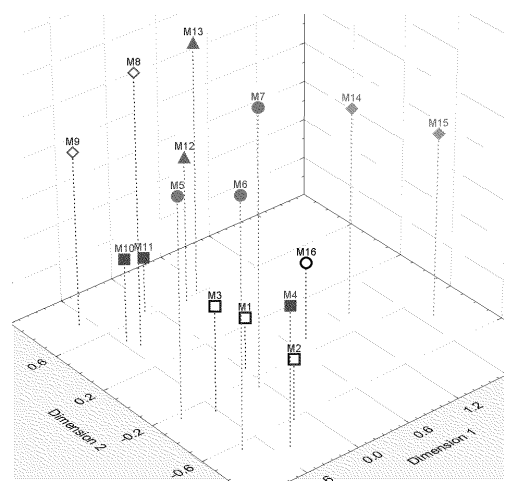
Všech 98 signálů není z časových důvodů možno současně posoudit žádným obvykle používaným postupem, např. při použití párového srovnávání [4] dostáváme 4753 párů. Proto byly navrženy a ověřovány různé modifikace testů založené na **třídění signálů** (sound sorting) [5]. V tomto typu testu každý hodnotitel zařídřoval podněty (v našem případě signály) podle jejich podobnosti do předem nespécifikovaného počtu kategorií. Kritériem pro zařídřování signálů byla jejich podobnost či odlišnost v barvě zvuku i v hlasitosti. Navržené testy byly připraveny na osobním počítači se zvukovou kartou PC Creative SB Live! Value v prostředí MATLAB. V průběhu testu měli respondenti na obrazovce ve vhodné grafické podobě nabídku všech testovaných signálů, ze kterých si mohli vybírat k přehrávání. Pro poslech používali uzavřená sluchátka Sennheiser HD 250 linear II.

V prvním navrženém testu byl použit postup třídění signálů aplikovaný na soubory 16-ti, resp. 9-ti signálů získaných při záznamu v jednotlivých rovinách. Test byl proveden pro tón  $d^1$  se třemi respondenty podle testového plánu pro zajištění náhodného a vyváženého pořadí prezentace souborů. Úkolem respondenta bylo zařadit signály do maximálně osmi kategorií podle podobnosti v hlasitosti a barvě, v každé kategorii signály slovně charakterizovat a vybrat signál, který ji reprezentuje. Respondenti mohli poslouchat i zařídřovat (přesouvat) signály v libovolném pořadí a opakovaně. Zobrazení výsledných slovních popisů kategorií pro tón  $d^1$  a soubor signálů z roviny mikrofonů A2 pro jednoho z respondentů je na Obrázku 1.

Pro porovnání vlastností testu třídění bylo pro týž soubor signálů provedeno párové srovnání dle rozdílnosti souhrnně v barvě i hlasitosti na stupnici od 0 do 5 (0 není-li rozdíl). Výsledná matice nepodobnosti analyzovaná metodou multidimenzionálního škálování (MDS) vedla na třídimenzionální řešení, které je na



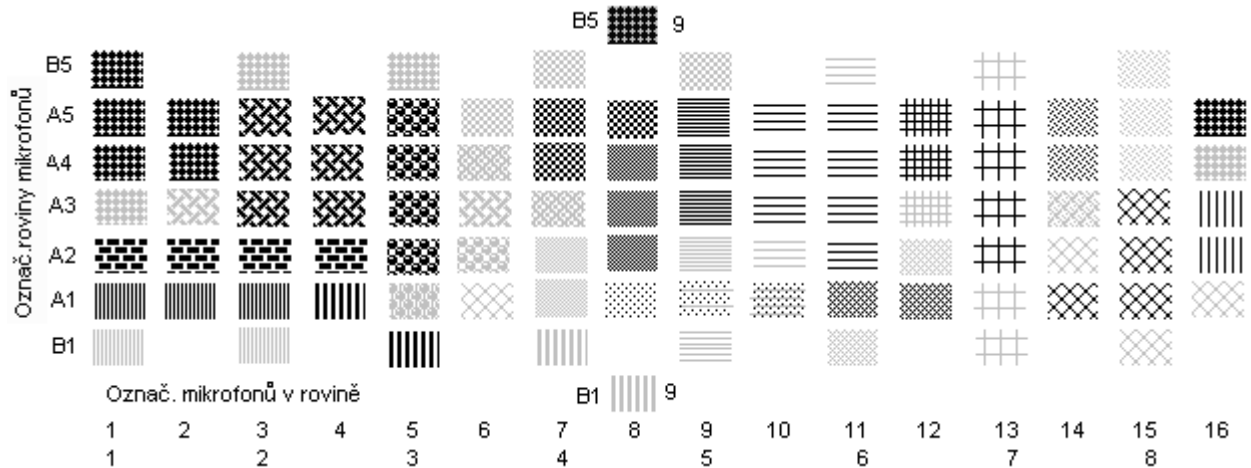
Obrázek 1. Slovní popisy kategorií zvuku tónu  $d^1$  souboru mikrofonů A2.



Obrázek 2. Třídimenzionální řešení MDS analýzy výsledků testu nepodobnosti v párech signálů s vyznačením kategorií (tón  $d^1$ , soubor mikrofonů A2).

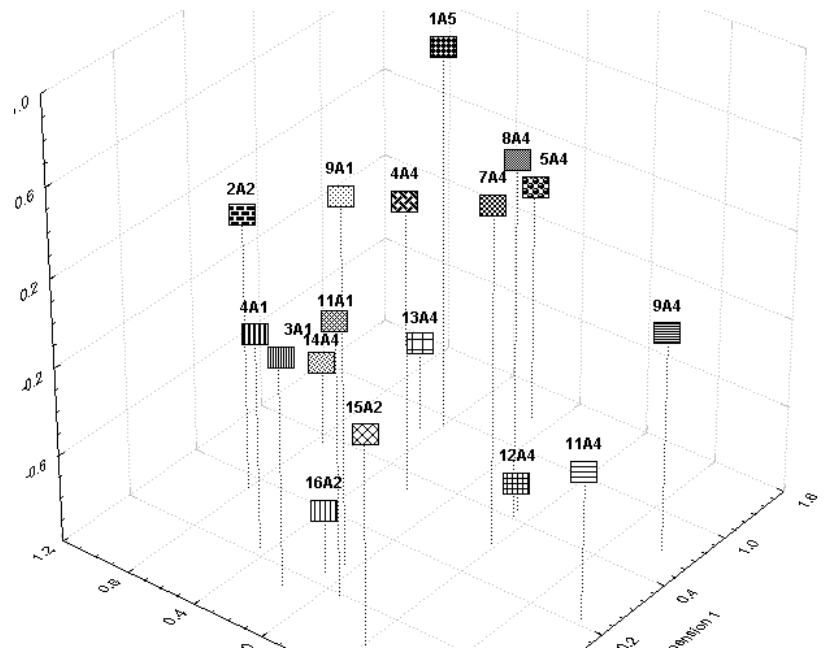
Obrázku 2. Kategorie v něm vyznačené lze sledovat i na Obrázku 1.

Dalším krokem bylo třídění všech 98 signálů. Třídění bylo pro tón  $d^1$  provedeno s jedním respondentem. Počet kategorií při tomto třídícím testu nebyl omezen. Respondent opět mohl signály libovolně opakovaně přehrávat a přesouvat. Všechny 98 signálů z mikrofonů ležících v různých prostorových úhlech kolem nástroje bylo zatříděno do 17-ti kategorií. Několik signálů bylo zatříděno i do dvou kategorií. Jednalo se o signály ze sousedících poloh mikrofonů, kde charakter jejich zvuku postupně přecházel mezi sousedními kategoriemi, byl si s oběma velmi podobný, ale kategorie samy se již zřetelně lišily.



**Obrázek 3.** Výsledné kategorie třídění 98 signálů tónu  $d^1$ . Jeden obdélník zastupuje signál jednoho mikrofonu, obdélníky jsou na ploše obrázku uspořádány do řad podle rovin polohy mikrofonů (odspodu B1, A1 až A5, B5). Jedna řada představuje zobrazení rozvinuté kružnice 16-ti, resp. 8-mi mikrofonů z jedné roviny.

Výsledné kategorie jsou zobrazeny na Obrázku 3. Obdélníky se shodnou grafickou výplní zde představují jednu kategorii. Šedá barva výplně znázorňuje, že signál z tohoto mikrofonu do kategorie sice patří, ale respondent již vnímal určitý rozdíl oproti signálům zobrazeným černou barvou. Signál zatříděný do více kategorií má ve svém obdélníku současně grafické výplně všech těchto kategorií. Typ grafické výplně byl volen tak, aby i opticky intuitivně vyjadřoval větší či menší podobnost mezi kategoriemi, např. kategorie signálů znázorněné různými svislými proužky jsou si navzájem více podobné, ale liší se více od těch, které jsou znázorněny křížky.



**Obrázek 4.** Třidimensionální řešení MDS analýzy výsledků testu nepodobnosti v párech kategoriálních reprezentantů třídění 98 signálů tónu  $d^1$ .

Sedmnáct kategoriálních reprezentantů (signálů) z tohoto testu bylo týž subjektem hodnoceno párovým srovnáváním (135 párů). Zvolené třidimensionální řešení analýzy MDS pro získanou matici nepodobnosti je na Obrázku 4. Objekty v MDS prostoru jsou reprezentativní signály za každou kategorii a pro možnost porovnání s Obrázkem 3 byly použity tytéž grafické výplně.

### 3. DISKUSE

V literatuře popisované testy pro subjektivní posuzování barvy zvuku [4, 5] používají jako podnětů signály pocházející z různých hudebních nástrojů nebo signály na základě nich resyntezované. Tyto postupy nepředpokládají návrat k již jednou posouzeným podnětům či jejich párům, proto pro dosažení vyváženosti prezentace vyžadují náhodnost v jejich pořadí. Cílem testů bývá zjistit kontext vlastností prezentovaných podnětů, případně model hodnocení použitý respondentem nebo jejich skupinou. U námi navržených testů měl respondent k dispozici nabídku všech podnětů po celou dobu testu, mohl se k nim dle potřeby vracet a svoje posouzení ověřit nebo i opravit, podmínka náhodnosti tak ztratila svoje opodstatnění. Oprávněnost tohoto přístupu je dána původem signálů, pocházejí z téhož nástroje a mají 'geometrickou' příbuznost (polohy mikrofonů při nahrávání [1]). Cílem testů je nalezení takových oblastí směrů vyzařování nástroje, ve kterých jsou vlastnosti signálů hodnoceny jako blízké.

Výsledky ověření prvního testu (MDS na Obrázku 2) ukazují na dobrou shodu mezi použitým zařídováním do kategorií a párovým srovnáváním. Maximum počtu kategorií (8) nebylo respondenty pocíťováno jako omezující, nejobtížnější byl slovní popis kategorií (Obrázek 1). Nejednoznačnost a z ní plynoucí nejistota zařazení signálu do určité kategorie byla ve druhém testu odstraněna možností zařadit signál do několika kategorií. Párové srovnávání reprezentantů kategorií z druhého testu umožnilo zkonstruovat model percepčního prostoru 98 signálů (Obrázek 4), který je možno porovnávat s geometrickým modelem kategorií (Obrázek 3) a získat tak představu o jejich vzájemných vztazích.

### 4. ZÁVĚR

Specifičnost původu signálů (jejich 'geometrická' příbuznost) opravňuje použít při jejich subjektivním posuzování takové způsoby prezentace, které dávají respondentovi možnost aktivnějšího přístupu při řešení úkolů testu, lepší orientaci v posuzovaném kontextu podnětů a pocit větší jistoty při rozhodování (nabídka všech podnětů, možnost opakovaného přehrávání, oprava soudu, zařídování do více kategorií) a nevyžadují náhodnost pořadí prezentace.

Vypovídací schopnost navržených testů je dostačující, výsledky jsou srovnatelné s párovým srovnáváním. Konfrontace geometrického a percepčního modelu umožní snazší a lepší interpretaci výsledků. Pokračování výzkumu se zaměří na rozvíjení testů i jejich ověření s více respondenty.

### UZNÁNÍ

Výzkum se uskutečnil v rámci výzkumného záměru MSM 511100001 "Výzkum vjemu barvy zvuku přirozených hudebních zdrojů ve vztahu k jejich akustické typologii" financovaného MŠMT ČR.

### LITERATURA

- [1] Jakeš, V. (2000): Šestnáctikanálový záznam zvuku hudebních nástrojů, 36. Česká akustická konference, v tomto sborníku.
- [2] Otčenášek, Z., Surový, V. (1999): Směrnost vyzařování houslí, *Akustické listy* (ISSN 1212-4702) čís. 17, 5-8.
- [3] Melka, A., Štěpánek, J., Otčenášek, Z. (1995): Výzkum vztahů barvy zvuku a spektra u izolovaných tónů houslí, *Závěrečná výzkumná zpráva projektu GAČR č. 202/93/2522*, VUZORT a.s., Praha.
- [4] Guilford, J. P. (1954): *Psychometric methods*. McGraw Hill, New York.
- [5] Deliege, I., Sloboda, J. (editors), Hajda, J. M., Kendall, R. A., Carterette, E. C., Harshberger, M. L. (1997): Perception and cognition of music, *Psychology Press*, 253-286.