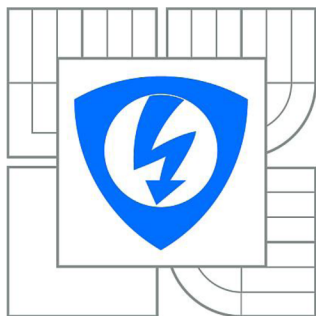


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

SUBJEKTIVNÍ STANOVENÍ MNOŽSTVÍ RUŠIVÉHO ŠUMU U HUDEBNÍCH ZÁZNAMŮ Z GRAMOFONOVÝCH DESEK

SUBJECTIVE ASSESSMENT OF DISTURBING NOISE FROM GRAMOPHONE RECORDS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

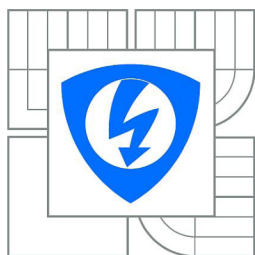
MARTIN VLAŠÍN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ RÁŠO, Ph.D.

BRNO 2014



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Martin Vlašín

ID: 134660

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Subjektivní stanovení množství rušivého šumu u hudebních záznamů z gramofonových desek

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1) Popište základní typy rušení, které se často vyskytují při restaurování hudebních signálů z gramofonových desek, a popište fyzikální způsob vzniků těchto typů rušení.
- 2) Navrhněte a realizujte poslechový test, který na vhodné subjektivní škále bude měřit velikost rušení z předchozího bodu.
- 3) Navrhněte a realizujte vhodný program na provádění poslechového testu z bodu č. 2.
- 4) Provedte statistickou analýzu získaných výsledků z poslechového testu z bodu č. 2.
- 5) Provedte hlubší diskuzi výsledků z bodů č. 2. a č. 4.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] MELKA, Alois. Základy experimentální psychoakustiky. 1. vyd. Praha : Akademie múzických umění v Praze, 2005. 328 s. ISBN 80-7331-043-0.
- [2] SYROVÝ, Václav. Hudební akustika. Praha : Základy experimentální psychoakustiky, 2003. 427 s. ISBN 80-7331-901-2.
- [3] ITU-R, BS.1116.1-1: Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems, 1997.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 4.6.2014

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Rášo, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá rušením vyskytujícím se při přehrávání gramofonových desek. Vzhledem k principu funkce gramofonu a procesu vzniku jednotlivých rušení, které se mohou při přehrávání vyskytnout, byly vybrány dvě nejvýraznější a nejčastěji se vyskytující rušení. Pro tato rušení je zkoumán jejich vliv na subjektivní kvalitu zvukové nahrávky. Byla provedena statistická analýza z hodnot získaných od účastníků poslechového testu, také kontrola reliability a případných chyb objevujících se v posudcích jednotlivých posluchačů. Z výsledků byly vyvozeny závěry, které potvrzují rozdíly mezi dvěma rušeními a také mezi různými zvukovými ukázkami na subjektivní vnímání kvality zvukového prožitku posluchače.

Klíčová slova: Experimentální psychoakustika, posuzování zvukových podnětů na subjektivních posuzovacích škálách, rušení gramofonových desek, krátké impulsní rušení, šum pozadí, odstup signálu od šumu, subjektivní hodnocení vlivu rušení, intervalová škála, statistická analýza, analýza rozptylu, smíšený model, Tukeyho metoda HSD, Studentův t-test, intraindividuální reliabilita, index spolehlivosti průměrných posudků, interindividuální reliabilita, index spolehlivosti.

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on distortion that occurs by playing gramophone records. Due to functional principle of turntable and due to origin of individual distortion, which may occur while playing records, were selected two most significant and most frequently occurring distortion. For these distortion is studied their effect on subjective assessment of audio record. From data obtained from participants in the listening test was performed statistical analysis, also test of reliability and detection of any possible errors occurring in the assessments of individual listeners. The conclusions from results confirmed differences between two distortions and also between different audio samples on the subjective perception of the quality of audio experience for listener.

Keywords: Experimental psychoacoustics, rating-scale procedure, distortion of gramophone records, short impulse noise, background noise, signal-to-noise ratio, subjective assessment of effects of distortion, interval scale, statistical analysis, analysis of variance, mixed model, Tukey's HSD test, Student's t-test, intra-individual reliability, reliability index of mean ratings, inter-individual reliability, reliability index.

VLAŠÍN, M. *Subjektivní stanovení množství rušivého šumu u hudebních záznamů z gramofonových desek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ondřej Ráso Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Subjektivní stanovení množství rušivého šumu u hudebních záznamů z gramofonových desek“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	7
SEZNAM TABULEK.....	8
1 ÚVOD.....	9
1.1 Historie a vývoj gramofonu	10
1.2 Popis funkce gramofonu	10
1.3 Výroba gramofonových desek.....	11
2 RUŠENÍ GRAMOFONOVÝCH DESEK.....	12
2.1 Impulsní rušení	13
2.2 Šum pozadí.....	15
2.3 Harmonické rušení	16
2.4 Ostatní rušení.....	16
3 PSYCHOAKUSTICKÝ EXPERIMENT.....	18
3.1 Výchozí úvahy	18
3.2 Testovací metoda	19
3.3 Charakteristika poslechového testu.....	19
3.4 Programová implementace.....	24
4 REALIZACE POSLECHOVÝCH TESTŮ.....	28
4.1 Technické zabezpečení testu	28
4.2 Získaná data	29
4.2.1 Grafické znázornění výsledků.....	31
4.3 Statistická analýza.....	34
4.3.1 Rozdíly mezi rušeními	37
4.3.2 Rozdíly mezi zvukovými ukázkami.....	37
4.3.3 Rozdíly mezi rušeními ve stejné zvukové ukázce	38
4.3.4 Rozdíly mezi zvukovými ukázkami se stejným typem rušení	39
4.3.5 Intraindividuální reliabilita	39
4.3.6 Interindividuální reliabilita	41
4.4 Shrnutí výsledků statistické analýzy	42
5 ZÁVĚR.....	43
LITERATURA.....	44
SEZNAM VŠECH ZKRATEK.....	45
SEZNAM PŘÍLOH.....	46

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1: Zvětšená fotografie zobrazuje prach a poškození drážek gramofonové desky [7].....	12
Obr. 2.2: Časový průběh rušivého pulsu v tiché pasáži hudebního záznamu	13
Obr. 2.3: Spektrogram a časový průběh impulsního rušení.....	14
Obr. 2.4: Spektrogram a časový průběh šumu pozadí	15
Obr. 2.5: Spektrogram a časový průběh harmonického rušení	16
Obr. 3.1: Okno pro cvičný test.....	24
Obr. 3.2: Obrazovka pro zadání jména	25
Obr. 3.3: Hlavní okno programu pro poslechový test.....	26
Obr. 3.4: Dotazník	27
Obr. 4.1: Pracoviště pro provádění poslechových testů	28
Obr. 4.2: Porovnání průměrných hodnocení nepříjemnosti rušení ve zvukových ukázkách.....	31
Obr. 4.3: Závislost hodnocení nepříjemnosti impulsního rušení v ukázkách a SNR	32
Obr. 4.4: Závislost hodnocení nepříjemnosti šumu pozadí ve zvukových ukázkách a SNR.....	32

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1: Stevensův hierarchický systém třídění druhů měření a škál [1]	20
Tab. 3.2: Popis stupnice posuzovací škály	21
Tab. 3.3: Seznam zvukových ukázek použitých v testu.....	22
Tab. 3.4: Parametry testovaných ukázek.....	22
Tab. 3.5: Přehled všech proměnných objevujících se v experimentu	23
Tab. 4.1: Individuální matice výsledků posouzení od posluchače č. 12	29
Tab. 4.2: Skupinová matice výsledků posouzení od všech posluchačů	30
Tab. 4.3: Souhrn výsledků parametrické analýzy dat	35
Tab. 4.4: Průměrná hodnocení jednotlivých kombinací ukázek od všech posluchačů.....	36
Tab. 4.5: Studentův t-test pro rozdíly mezi rušeními.....	37
Tab. 4.6: HSD test pro rozdíly mezi zvukovými ukázkami	37
Tab. 4.7: HSD test pro porovnání rušení na různých zvukových ukázkách.....	38
Tab. 4.8: HSD test pro různé zvukové ukázky s jedním typem rušení	39
Tab. 4.9: Index spolehlivosti průměrných posudků.....	40
Tab. A.1: Matice naměřených hodnot posluchače č. 1	47
Tab. A.2: Matice naměřených hodnot posluchače č. 2.....	47
Tab. A.3: Matice naměřených hodnot posluchače č. 3.....	47
Tab. A.4: Matice naměřených hodnot posluchače č. 4.....	48
Tab. A.5: Matice naměřených hodnot posluchače č. 5.....	48
Tab. A.6: Matice naměřených hodnot posluchače č. 6.....	48
Tab. A.7: Matice naměřených hodnot posluchače č. 7.....	49
Tab. A.8: Matice naměřených hodnot posluchače č. 8.....	49
Tab. A.9: Matice naměřených hodnot posluchače č. 9.....	49
Tab. A.10: Matice naměřených hodnot posluchače č. 10	50
Tab. A.11: Matice naměřených hodnot posluchače č. 11	50
Tab. A.12: Matice naměřených hodnot posluchače č. 12	50
Tab. B.1: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 1.....	51
Tab. B.2: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 2.....	51
Tab. B.3: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 3.....	51
Tab. B.4: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 4.....	51
Tab. B.5: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 5.....	51
Tab. B.6: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 6.....	51
Tab. B.7: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 7.....	52
Tab. B.8: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 8.....	52
Tab. B.9: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 9.....	52
Tab. B.10: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 10.....	52
Tab. B.11: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 11.....	52
Tab. B.12: Analýza rozptylu posudků posluchače č. 12.....	52

1 ÚVOD

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém prostředí, můžeme jej rozložit a teoreticky popsat fyzikálními veličinami, přesto se naše vnímání zvuku může pro různé podmínky a různé osoby velmi lišit. Hlavním faktorem je zde lidské ucho a jeho vlastnosti, kterých se využívá při reprodukci zvukových (hudebních, řečových) signálů. Lidské ucho není dokonalé a je omezeno určitými parametry základních fyzikálních veličin, kterými definujeme zvuk a jeho vnímání. Zvukové tóny mohou být čisté (sinusové) s harmonickým průběhem, s kterými se mimo laboratorní podmínky téměř nesetkáme, jelikož většina zvuků působící na náš sluch patří do kategorie složených zvuků s periodickým nebo náhodně se měnícím časovým průběhem. Ty lze dále označit jako harmonický složený tón - což je periodicky složený zvuk, jehož dílčí sinusové složky jsou celočíselným násobkem kmitočtu nejnižšího (základního). Šum – náhodný stacionární neperiodický zvuk. Hluk – nežádoucí rušivý zvuk [12].

Pro subjektivní posouzení zvukových signálů, se kterými se setkáváme v běžném životě, např. hudba, přenos řeči, hluk strojů, hluk vozidel apod., je pro nás hlavní oblastí zájmu obor zvaný psychoakustika. Vznikl spojením slov psychologická akustika, a zejména spojením dvou vědních odvětví. Neklade důraz na zkoumání akustických dějů a veličin, ale zaměřuje se na prožitky a reakce, jež v člověku, potažmo v lidské psychice, vyvolávají zkoumané zvukové děje s určitými akustickými parametry a subjektivní posouzení zvukové kvality či jiného zkoumaného aspektu zvukové ukázky. Psychoakustické testy slouží také pro zjištění vlastností lidského ucha, např. měření prahu slyšení, hodnocení zvukové kvality hudebního nástroje či zvukového zařízení (reproduktory, sluchátka), rušivých účinků šumu, hluku a jejich působení na člověka.

Pro teoretický popis základních rušení zvukových záznamů a jeho subjektivní hodnocení je vhodné si vymezit základní pojmy.

Každá nahrávka obsahuje originální, užitečnou část zvuku, kterou označujeme signál a dodatečnou, nežádoucí část získanou v procesu vysílání, či nahrávání, tu nazýváme šum případně hluk (noise). Požadovanou vlastností každého procesu zpracování zvukových dat je ponechání originálního signálu s nejmenším množstvím šumu.

1.1 Historie a vývoj gramofonu

První zmínka o gramofonu se datuje roku 1877. Autorem teorie, ve které byla popsána funkce gramofonu, je francouzský vědec Charles Cros. Uvedení mechanismu do praxe má na svědomí americký vynálezce Thomas Alva Edison a jeho mechanik John Kruesi, který první přístroj sestrojil. Ten se později vyráběl a prodával pod názvem fonograf (v překladu zapisovač zvuku) a byl patentován 19. února 1878. [7]

Pro reprodukci zvuku sloužil kovový trychtýř, na jehož užším konci je membrána, ta zároveň plní i funkci mikrofonu. Při vniku zvukových vln do trychtýře dojde k rozkmitání membrány, jejíž vibrace se přenáší na připojenou ocelovou jehlu, která vyrývá zvukový záznam do spirálovité drážky na list staniolu obtočeného kolem otočného válce. Pro záznam se použila jehla s ostrým hrotem a pro reprodukci jehla s hrotem kulatým. K otáčení válce bylo nutno ručně točit klikou, na hřídeli byl pro omezení vlivu kolísání otáček umístěn velký setrvačnick. Nešlo však zaručit konstantní rychlost, takže při záznamu i při reprodukci a docházelo ke zkreslení. [7]

Přístroj měl v počátcích spoustu nedostatků a k současným moderním gramofonům bylo zapotřebí mnohých vylepšení.

Maximální možná doba záznamu byla 2 minuty a navíc záznam ze staniolové fólie bylo možné reprodukovat pouze jednou, jelikož se fólie při přehrávání většinou zničila. Tyto problémy částečně vyřešil Alexander Graham Bell použitím voskového válečku jako záznamového média [9]. Ovšem stále přetrvával zásadní problém kvůli nemožnosti kopírovat zvukový záznam, každá nahrávka musela být znovu zaznamenána na voskový váleček, což prakticky znemožňovala větší produkci desek.

Přístroj v této podobě tak stále nenalézal své uplatnění. S důležitým vylepšením přišel, v roce 1887, vědec německého původu Emile Berliner. Místo válce použil pro záznam desku a položil tak základy moderního gramofonu v podobě. Na výrobu desek se zkoušelo více různých materiálů, první desky byly skleněné, později zinkové a šelakové [9]. Nakonec se jako materiál použil polyvinylchlorid, ze kterého se gramofonové desky vyrábějí dodnes.

1.2 Popis funkce gramofonu

Pro otáčení desky je v gramofonu obsažen pohonný mechanismus, ten otáčí talířem, na kterém je deska umístěna. Pro lepší kvalitu reprodukce je ideální talíř s co největší hmotností, poháněný přes řemínek, tím dojde k eliminaci rušení vibracemi motoru při přehrávání. Pro přehrávání se používá několik standardizovaných rychlostí otáčení závisících na druhu desky. Pro LP (long play) desky se standardně používá rychlost 33,3 otáček/min., pro „singly“ EP (extended play) se používá 45 otáček/min., dříve používaná rychlost 78 otáček/min. je už dnes raritou.

Snímací hrot jehly se pohybuje v drážce a vychýlení do stran podle tvaru drážky odpovídá frekvenci a amplitudě (hlasitosti) přehrávaného zvuku. Chvění hrotu se ve snímači přeměňuje na nízkofrekvenční časově proměnný proud [7], který se dále zesílí v zesilovači a pomocí reproduktorů se přemění na slyšitelný zvuk. Hrot jehly se používá diamantový nebo syntetický safírový a je spojený s mechanicko-elektrickým měničem umístěným v přenosce gramofonu.

Největší podíl na kvalitě reprodukce gramofonu má gramofonová přenoska. Přenoska se skládá z raménka a vložky. Raménko musí být pohyblivé ve vodorovném i svislém směru a síla přitlačující hrot svisle na desku musí odpovídat předepsané hodnotě, která závisí na druhu vložky.

Mezi nejpoužívanější druhy vložek patří krystalické a magnetodynamické [7]:

- Krystalické vložky - mechanické kmity jehly se přenášejí na krystal, v němž se na základě piezoelektrického jevu tyto mechanické kmity přemění na střídavé napětí, se kterým dále pracuje zesilovač. Krystalické přenoskové vložky se používají u gramofonů střední kvality, protože jsou levné a necitlivé na magnetické pole. Nevýhodou je jejich omezení reprodukce vyšších frekvencí (maximálně 14 kHz), náchylnost k poruchám při vyšších teplotách (nad 40 °C) a navíc způsobují větší opotřebení desky, protože vyžadují až třikrát větší tlak hrotu na desku než přenosky magnetodynamické.
- Magnetodynamické vložky - chvění hrotu se přenáší chvějkou na volně pohyblivý magnet. Změny magnetického toku vyvolávají v cívkách nízkofrekvenční střídavé proudy. Používají se dvě cívky, při stereofonním signálu má každá na starost jeden kanál. Magnetodynamické přenosové vložky jsou mnohem kvalitnější než přenosky krystalické, mají dostačující frekvenční rozsah (přibližně 50 Hz – 20000 Hz), nevýhodou je vyšší cena a menší výstupní napětí oproti vložkám krystalickým.

Ostatní druhy: elektromagnetické, elektrodynamické, keramické, elektrostatické

1.3 Výroba gramofonových desek

Pro masovou výrobu gramofonových desek byl zásadním objevem systém kopírování zvukového obsahu ze speciální desky (tzv. master nebo matka), obsahující originální záznam, na další desky. Pro výrobu oboustranné gramofonové desky je zapotřebí alespoň dvou master desek, kdy každá z nich obsahuje signál jedné strany.

Na vytvoření masteru se použije hliníková deska, na kterou se nanese vrstva speciálního laku nebo vrstva vosku, do které se po zaschnutí zaznamená pomocí ostrého rycího hrotu požadovaný zvukový signál, každá strana se vryje na samostatnou desku. Zvuk je přehráván z jiného zdroje, nejčastěji z magnetofonové pásky, a hrot vyrývá amplitudu signálu do spirálovité drážky, která začíná od nejširšího průměru desky a končí blíže ke středu desky. Tímto získáme tzv. pozitivní fólii. Ta se dále očistí pod tryskající směsí vody a mýdla, poté se na desku nastříká chlorid cínatý a po dalším očištění je na desku nanášena vrstva stříbra. Oddělením této stříbrné vrstvy od původní desky dostaneme negativní fólii (negativní master). [10][16]

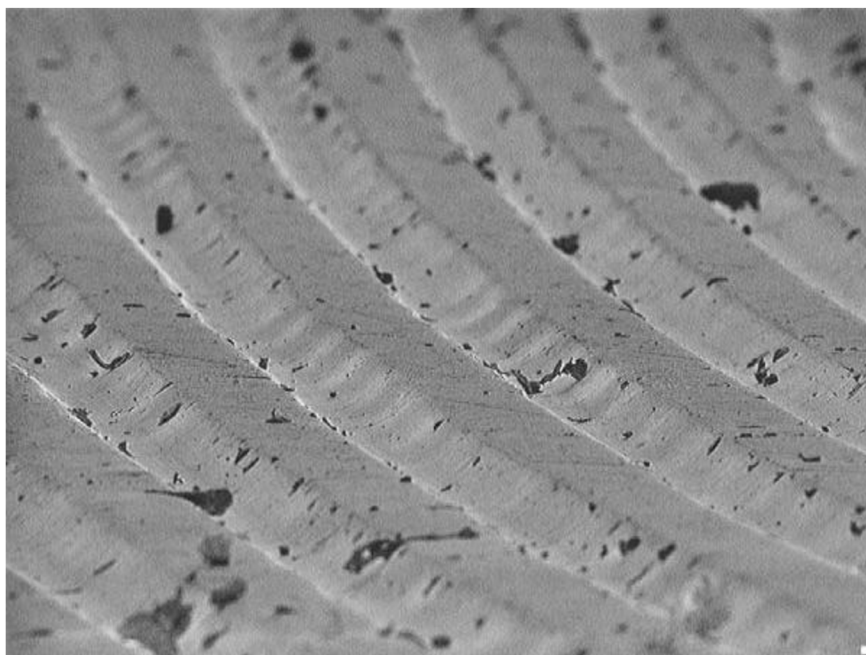
Na výrobu gramofonové desky pro konečné užití se použijí granule PVC (polyvinylchlorid), které se extrudérem stlačí do hmoty, ze které se vylisuje jedna deska. Na tuto hmotu se z každé strany vloží štítek s informacemi o desce a toto vše se vloží mezi dvě negativní fólie, kde se PVC hmota zahřáním rozepne po celé šířce desky a stlačením z obou stran se do desky vytlačí drážky přesně podle negativních fólií. Z desky se ořízne přebývající materiál, aby měla požadovaný průměr a po zchlazení je výroba gramofonové desky hotova. Samotné vylisování desky trvá přibližně 25 až 30 sekund. [16]

2 RUŠENÍ GRAMOFONOVÝCH DESEK

Při digitalizaci vinylových desek může dojít k různým zkreslením, které mohou být způsobeny samotným přehráváním jejich zvukového obsahu a nedokonalostmi tohoto záznamu. Energie mechanických vibrací vznikajících posuvem hrotu jehly magnetofonu drážkou, do které je uložen obsah vinylové desky, je převedena na elektrický signál, který je následně zesílen a převeden na zvuk reproduktorem soustavou nebo může být dále zpracován.

Jelikož záznam i přehrávání obsahu jsou prováděny mechanicky, je gramofonová deska velmi náchylná na fyzické poškození, které je vzhledem k principu přehrávání nevyhnutelné a s opakovaným používáním desky se vliv rušení zvyšuje a degraduje se původní zvukový obsah.

V praktickém řešení nelze počítat pouze s jediným typem rušení, ale s kombinací více typů rušení a zkreslení.



Obr. 2.1: Zvětšená fotografie zobrazuje prach a poškození drážek gramofonové desky [7]

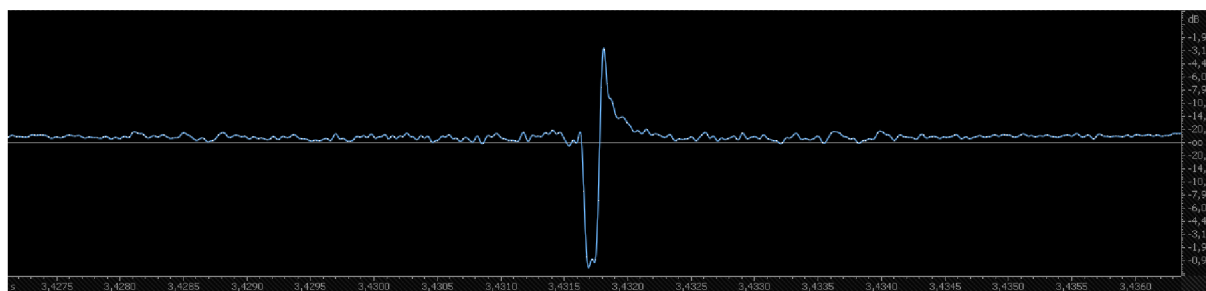
2.1 Impulsní rušení

Krátké impulsní rušení

Bezpochyby jedním z nejvýraznějších rušení vznikajících při přehrávání gramofonových desek je praskání či lupání. S použitím kvalitního software lze velmi úspěšně praskání a lupání odstranit, či alespoň dostatečně potlačit, aby nebyl rušen zvukový obsah. Jelikož pro praktické využití by bylo velmi nevhodné ponechat všechnu práci na software, musí se rušení eliminovat před samotnou digitalizací.

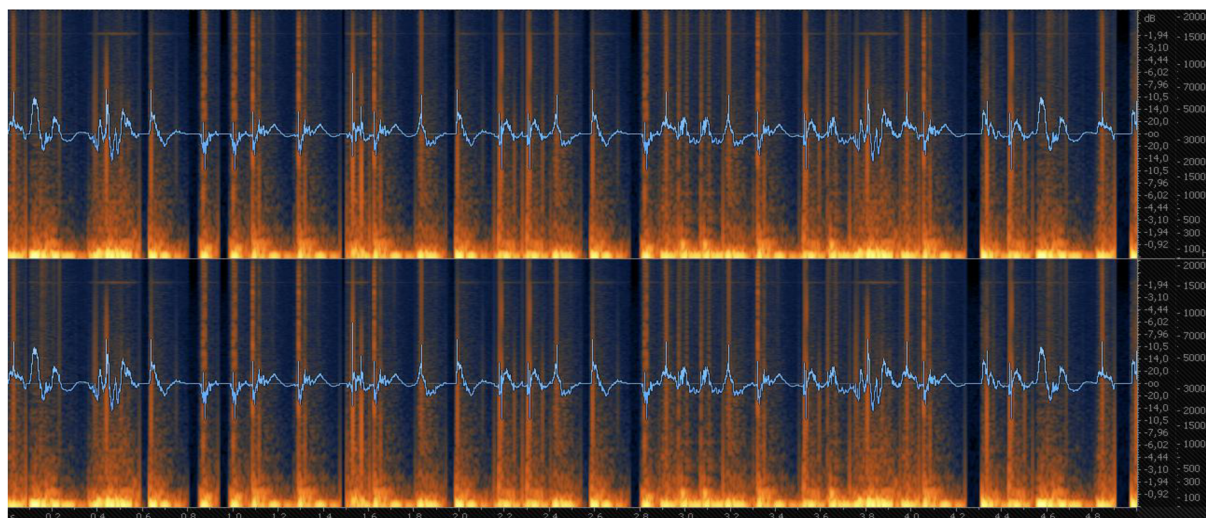
Hlavní příčinou tohoto rušení jsou smítka prachu a jiné nečistoty na povrchu desky. Hrot jehly kopíruje drážku na desce představující amplitudu a frekvenci zvukového signálu a vychylováním do stran snímá tyto potřebné informace, které tvoří výsledný zvuk. Jakákoliv nečistota v drážce desky pozmění její fyzickou podobu, a tím i pohyb jehly, čímž dojde ke znehodnocení původního obsahu. Detail znečištěných a poškozených drážek lze vidět na Obr. 2.1.

Krátký rušivý puls lze rozdělit na dvě pomyslné části. První je samotný puls, který se projeví krátkým (řádově stovky mikrosekund až jednotky milisekund), ale výrazným vychýlením amplitudy, viz obrázek Obr. 2.2. Puls je následován klesající nízkofrekvenční oscilací, která vzniká rezonancí v přenosovém či reprodukčním řetězci vyvolanou rušivým pulsem [3]. Doba trvání oscilace je řádově v desítkách milisekund a její frekvence i amplituda s časem klesá.



Obr. 2.2: Časový průběh rušivého pulsu v tiché pasáži hudebního záznamu

Důkladným očištěním povrchu desky od prachu a jakýchkoliv jiných nečistot lze praskání výrazně omezit, ale nikdy nedosáhneme plně uspokojivých výsledků, jelikož desky si nesou jisté poškození již od výroby a z procesu zaznamenávání zvukového obsahu na její povrch, tato poškození jsou trvalá a nelze je odstranit. Je tedy prakticky nemožné přehrát jakoukoliv vinylovou desku bez tohoto charakteristického rušení. Podstatou poctivé péče o kondici desky je omezení rušení na minimum, aby nebylo slyšitelné během přehrávání skladby, ale pouze v pauzách mezi skladbami nebo v tichých pasážích. Krátké impulsní rušení může být také způsobeno statickou elektřinou v místě dotyku jehly s povrchem desky nebo malými škrábanci.



Obr. 2.3: Spektrogram a časový průběh impulsního rušení

Na Obr. 2.3 je vyobrazen spektrogram krátkého impulsního rušení společně s časovým průběhem, jednotlivá lupnutí jsou na spektrogramu znázorněna vertikální přímkou oranžové barvy a barevná intenzita čáry je přímo úměrná hlasitosti rušivého pulsu. Záznam má délku 5 sekund, na vodorovné ose je zobrazen čas, na svislé ose nalevo je znázorněna amplituda časového průběhu signálu (modrá barva) signálu v decibelech, na druhé svislé ose je znázorněna frekvence spektrogramu v hertzech, měřítko osy je v melech.

Přechodné impulsní rušení

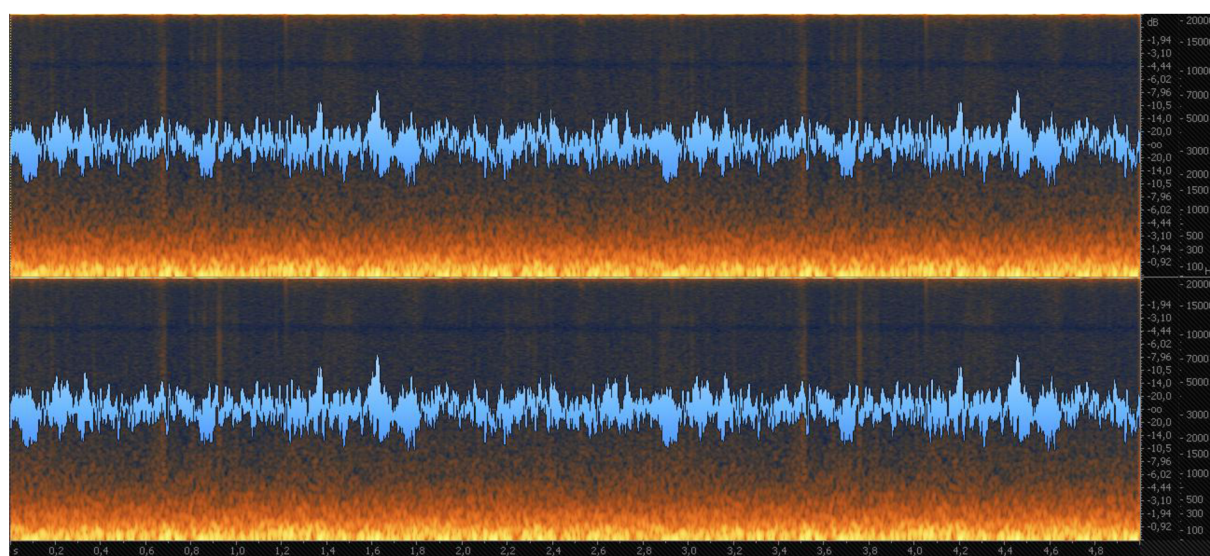
Je způsobeno relativně dlouho trvajícím rušivým pulsem, obvyklým původcem tohoto rušení jsou dlouhé škrábance na povrchu desky. Oproti rušení krátkými impulsy je kmitočtově je výrazněji zastoupen v nižších frekvencích [3] a má delší dobu trvání jak samotného pulsu tak oscilací, která po pulsu následuje.

2.2 Šum pozadí

Označuje rušení, které k užitečnému signálu superponuje náhodný rušivý šum. Při přehrávání desky šum pozadí vzniká pohybem mechanických částí gramofonu.

Rumble – v českém překladu rachot, při restaurování vinylové desky může být tento šum způsoben hučením ložisek motoru pohánějícího otáčení desky, jedná se o kmitočty do 30 Hz, které jsou zachyceny jehlou magnetofonu a pro kvalitní reprodukční řetězec mohou způsobit rušení, ovšem vzhledem k velmi nízkým kmitočtům tohoto rušení se může pro běžně audio sestavy zanedbat, jelikož s tak nízkými kmitočty většinou nepracují. [17]

Hiss – v českém překladu sykot, lze jej charakterizovat jako ostrý zvuk o vyšších frekvencích, podobný dlouho znějící hlásce s. V případě vinylové desky vzniká třením jehly po povrchu desky. [17]

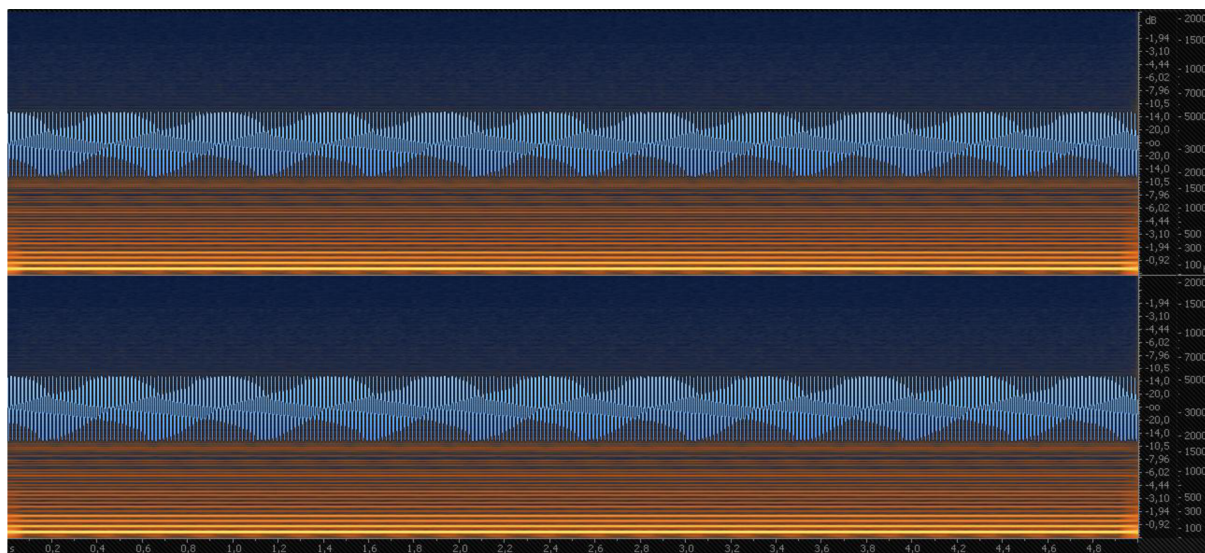


Obr. 2.4: Spektrogram a časový průběh šumu pozadí

Na Obr. 2.4 je zobrazen spektrogram šumu pozadí gramofonové desky a časový průběh tohoto rušení. Záznam má délku 5 sekund, na vodorovné ose je zobrazen čas, na svislé ose nalevo je znázorněna amplituda časového průběhu signálu (modrá barva) signálu v decibelech, na druhé svislé ose je znázorněna frekvence spektrogramu v hertzech, měřítko osy je v melech.

2.3 Harmonické rušení

Hum – v českém překladu znamená hukot, nebo hučení. Vzniká jako rušení způsobené elektromagnetickou indukcí harmonického signálu v nějaké části nahrávacího řetězce signálu. Elektromagnetickou indukcí způsobuje např. elektrického vedení, transformátory střídavého proudu nebo zemnicí smyčky signálových spojení ve zvukových systémech [2]. Hum lze obvykle slyšet jako nízkofrekvenční tón se základním kmitočtem 50 nebo 60 Hz a jeho celočíselnými násobky.



Obr. 2.5: Spektrogram a časový průběh harmonického rušení

Na Obr. 2.5 je zobrazen spektrogram harmonického rušení se základní frekvencí 60 Hz a časový průběh tohoto rušení, vodorovné přímky oranžové barvy znázorňují kmitočty zastoupené v harmonickém rušení. Intenzita barvy představuje hlasitost daných kmitočtů, nejvýraznější je základní kmitočet 60 Hz. Záznam má délku 5 sekund, na vodorovné ose je zobrazen čas, na svislé ose nalevo je znázorněna amplituda časového průběhu signálu (modrá barva) signálu v decibelech, na druhé svislé ose je znázorněna frekvence spektrogramu v hertzech, měřítko osy je v melech.

Buzz – v českém překladu bzukot, je rušení na stejném principu jako hum, ale základní frekvence se nachází na mnohem vyšších kmitočtech, je způsobeno zářivkovým osvětlením v blízkosti reprodukčního zařízení [2].

2.4 Ostatní rušení

Variace výšky tónů

Může nastat z více různých příčin, variací rotační rychlosti talíře gramofonu a tím i samotné desky. Excentricitou desky při výrobě či jejím přehrávání, středový otvor pro správné umístění na talíři gramofonu leží mimo geometrický střed desky, doporučená odchylka excentricity je 0,2 mm [10]. Prohnutím desky, čímž dojde k fyzické změně drážek vyrytých na desce, která má za následek změnu frekvence záznamu, všechny tyto jevy se projeví variací výšky tónů. Jelikož se deska otáčí, tak se tento efekt periodicky opakuje a může nastat efekt podobný tremolu nebo vibrátu.

Zahřívání hrotu jehly

Při přehrávání desky dochází k zahřívání špičky jehly na 150-260 °C, takto vysoké teploty je dosaženo pouze v přímém bodu kontakty desky s jehlou, ale dokáže při okamžitém opakovaném přehrání stejné části desky zapříčinit mírné zkreslení. Tento jev je pouze dočasný a vymizí přibližně do 10 minut [8]. Vysoká teplota jehly však působí ještě další problém, který už znamená trvalou degradaci kvality desky. Pokud není povrch dostatečně očištěn, může se stát, že se smítka prachu doslova vypálí do materiálu desky a v daném místě, tak vznikne trvalé impulsní rušení projevující se lupnutím.

3 PSYCHOAKUSTICKÝ EXPERIMENT

Cílem této práce je výzkum vlivu nejčastějších typů rušení, které se vyskytují při restaurování analogových hudebních záznamů z gramofonových desek, na výsledné subjektivně vnímané zvukové kvalitě. K tomu je nutné nejprve zvolit vhodnou testovací metodu a ze získaných výsledků vhodnými statistickými metodami je zobrazit na příslušné měřicí škále.

Pro popis testovacích metod je použito specifické terminologie, kterou v následujícím odstavci stručně popíši, aby byl text snadněji srozumitelný.

Nejdůležitějším prvkem subjektivního hodnocení s pomocí psychoakustických testů je dvojice subjekt a objekt. Subjekt představuje testovaná osoba, jinak také posluchač, posuzovatel. Objektem jsou zde zkoumané zvukové ukázky, jinak popsané jako podnět nebo vzorek.

3.1 Výchozí úvahy

Pro subjektivní vnímání rušení neboli šumu pozadí ve zvukové nahrávce je zásadní vliv akustického jevu *maskování*. Lze tedy např. očekávat výraznější vliv šumu pozadí v nahrávce s mluveným slovem, jelikož obsahuje pauzy mezi slovy, podobně se může šum projevit v tišší pasáži hudební nahrávky nebo v záznamu samotné akustické kytary, která nepokrývá tak široké frekvenční spektrum

jako nahrávka s kombinací více hudebních nástrojů. Také lze očekávat větší negativní vliv na vnímání kvality zvukové ukázky s přítomností krátkého impulsního rušení, které má velmi náhodný průběh s ostrými špičkami amplitudy, viz Obr. 2.3, ty jsou velmi výrazně slyšitelné. Oproti tomu šum pozadí má průběh více podobný periodickému signálu, viz Obr. 2.4, a představuje konstantní hluk bez pauz, ale také bez větších výkyvů. Z tohoto důvodu je možné takové rušení snadněji přeslechnout vlivem maskování. Šum pozadí gramofonových desek navíc je podobný rušením, na která mohou lidé běžně narazit (šum větráku, hluk zapnutého počítače, šum nekvalitních zvukových zařízení) a mohou tak k němu být více tolerantní. To se nedá říci o krátkém impulsním rušení, na něž, ani na žádné jemu podobné, jinde než při poslechu gramofonových desek pravděpodobně nenarazíme.

Maskování

Maskování je psychoakustický proces, vycházející z vlastností lidského ucha. Přicházejí-li do sluchového orgánu současně dva zvuky, může sluchový vjem vyvolaný jedním z nich převládnout do té míry, že zeslabí nebo úplně potlačí vjem zvuku druhého. První zvuk se nazývá *maskující*, druhý se nazývá *maskovaný*. Jejich vzájemným účinkem vzniká proces *maskování*. Maskování zvuků je dáno způsobem činnosti vnitřního ucha a je závislé na rozdílu kmitočtů zvuků a jejich intenzitě. Rozlišujeme maskování ve dvou oblastech, ve frekvenční oblasti - *kmitočtové maskování* současně znějících zvuků a v časové oblasti - *dočasné maskování* [12].

Kmitočtové maskování

Při současném znění dvou (a více) zvuků s různou hlasitostí může dojít k úplnému nebo částečnému potlačení méně hlasitého zvuku, který se tak stane neslyšitelným pro lidské ucho.

Účinek maskování je charakterizován tzv. maskovací křivkou, nejsilnější je tento účinek při shodném kmitočtu maskujícího i maskovaného zvuku a při malém rozdílu kmitočtů těchto signálů. Se zvětšujícím se rozdílem kmitočtů obou signálů se obecně účinek maskování zmenšuje, aby se tedy projevil proces maskování, musí být v takovémto případě výrazně větší rozdíl hlasitosti obou signálů. Maskovací křivka je výrazně závislá na kmitočtu maskovacího tónu [12].

Dočasné maskování

Maskování je možné pozorovat nejen při současném znění maskujícího a maskovaného zvuku, ale také krátkou dobu po odznění maskovacího zvuku a dokonce i krátkou dobu před zazněním maskovacího zvuku [12].

3.2 Testovací metoda

Cílem této práce je subjektivní hodnocení rušení vznikajících při přehrávání gramofonových desek. Úkolem posluchače je subjektivní zhodnocení míry nepříjemnosti rušení v předložených zvukových ukázkách.

V testu jsou použity dva druhy rušení, které se při přehrávání gramofonových desek vyskytují nejčastěji, krátké impulsní rušení a šum pozadí. Krátké impulsní rušení je způsobené prachem na povrchu desky, posluchači se jeví jako lupání, šum pozadí je způsoben pohybem mechanických částí gramofonu, podrobný popis viz kapitola 2. Jsou použity odlišné druhy zvukových ukázek, mluvené slovo (mužský hlas), sborový vokál, nahrávka kytary a country skladba. Pro testování je z každé ukázky přidáním rušení vytvořeno sedm odlišných ukázek, tyto se od sebe liší hodnotou odstupu signálu od šumu neboli SNR. Postupně jsou předkládány posluchači, který je ohodnotí.

Před zahájením je každý posluchač poučen o průběhu testu, o práci s programem pro testování a o způsobu jakým má ukázky hodnotit.

Výsledkem testů jsou charakteristiky subjektivního vnímání nepříjemnosti jednotlivých rušení v závislosti na SNR pro oba typy rušení a zároveň pro odlišné zvukové ukázky.

3.3 Charakteristika poslechového testu

Pokud není v textu uvedeno jinak, byly pro popis charakteristiky poslechového testu v této kapitole použity informace z [1].

Pro testování byla zvolena metoda *posuzování zvukových podnětů na subjektivních posuzovacích škálách*. Tato metoda umožňuje hodnocení ukázek na numerické posuzovací škále se stupnicí o sedmi stupních (rozsah 0 - 6) posluchač určí pro konkrétní ukázkou hodnotu podle subjektivního hodnocení rušení, kde minimální hodnota 0 představuje ukázkou velmi příjemnou (bez rušení) a maximální hodnota 6 představuje ukázkou velmi nepříjemnou (výrazně zarušenou).

Kontinuum psychologické proměnné se rozprostírá mezi těmito významově protikladnými extrémy, jedná se tedy o tzv. bipolární škálu. Kromě krajních bodů stupnice je dále označen bod ve středu stupnice s hodnotou 3, slovně je popsán jako mírně nepříjemné (postřehnutelné rušení). Ostatní body stupnice nejsou doplněny slovním popisem, kvůli možnému zkreslení soudů testované osoby. Vzhledem k rovnoměrnému rozložení bodů stupnice a intervalům mezi hodnotami SNR měřených ukázek je umožněno měření na *intervalové škále*, která představuje nižší ze dvou možných úrovní metrického škálování, viz Tab. 3.1.

Tab. 3.1: Stevensův hierarchický systém třídění druhů měření a škál [1]

Druh měření	Typ škály	Forma škálování	Úroveň měření
klasifikace	nominální	nemetrická	nejnižší
kvantifikace	pořadová		metrická
	intervalová	nejvyšší	
	poměrová		

Pro možnost přesnějšího stanovení posluchačova hodnocení a je umožněno používat hodnocení mezi body stupnice, rozhodne-li se posluchač pro udělení hodnocení mezi body 3 a 4, je mu to umožněno a do výstupního souboru se zapíše hodnota 3,5. Celá stupnice tedy má rozsah 13 stupňů.

Posluchač také může při nerozhodnosti přiřadit více ukázkám stejné hodnocení, ale tato možnost by měla být pouze výjimečná, o čemž budou posluchači poučeni před zahájením samotného testu. Výjimku zde tvoří krajní body stupnice, zejména bod 0, který značí pro posluchače nepostřehnutelné rušení, jelikož se toto hodnocení ukázky někomu může zdát odpovídající pro více ukázek. V takovémto případě je tedy umožněno ohodnotit vícekrát v jedné sadě hodnocením stupně 0.

Posuzovací škála, definované body včetně jejich podrobného popisu a zařazení na stupnici je zapsána v Tab. 3.2.

Navržená stupnice vychází ze škály SDG (*Subjective Difference Grade*), která hodnotí míru degradace zvukové nahrávky oproti původní verzi [5]. Tato škála má pět stupňů a pro návrh stupnice byly převzaty krajní (extrémní) body a navíc bod ve středu stupnice (třetí stupeň) označený jako „lehce nepříjemné“. Tento bod značí jednoznačně rozpoznatelné rušení nahrávky, avšak v míře, která výrazně neovlivňuje její celkovou kvalitu. Hodnocení nižší než tento stupeň tedy představuje dobrou až výbornou kvalitu ukázky, ve které je rušení možné při poslechu snadno ignorovat, případně ho nelze vůbec postřehnout. Naopak hodnocení vyšší představuje slabou, až špatnou kvalitu ukázky, ve které je téměř nemožné rušení při poslechu ignorovat nebo se dokonce stává výraznějším, než užitečný signál. Třetí stupeň je tedy považován za velmi důležitý, z tohoto důvodu byla škála rozšířena na sedm stupňů, aby bylo možné se při hodnocení ukázek a tedy i ve výsledném statistickém vyjádření zaměřit na tento práh, kdy se rušení stává nezanedbatelné pro kvalitu poslechu.

Tab. 3.2: Popis stupnice posuzovací škály

Stupeň	Slovně definované body	Podrobný popis bodů	Úroveň rušení
6	Velmi nepříjemné	Zcela zarušené, špatná kvalita, velmi nepříjemné rušení	Maximální
5			
4			
3	Lehce nepříjemné	Zřetelné rušení, ale lze jej ignorovat, slušná kvalita	
2			
1			
0	Příjemné	Zcela bez rušení, výborná kvalita, nelze rozlišit od originálu	Minimální

Z hlediska vytyčeného cíle experimentu se jedná o *kritický experiment*, při němž je ověřována hypotéza založená na teoretických úvahách, viz kapitola 3.1.

Z hlediska časové posloupnosti se jedná o *projektovaný experiment*, tedy plánovaný a předem záměrně připravený pokus.

Z hlediska podmínek, v nichž se experiment uskutečňuje, se jedná o *laboratorní experiment*. Měření probíhá v uměle vytvořeném prostředí, tedy v uzavřené místnosti a k poslechu ukázek jsou použity studiové uzavřené sluchátka, z důvodu potlačení okolního hluku v místnosti.

Podle počtu pokusných osob přítomných při jednom experimentálním sezení se jedná o *individuální experiment*, prováděný s každou pokusnou osobou jednotlivě.

Podle průběhu a míry řízení pokusných osob při experimentu se jedná o *částečně řízený experiment*. Jednotlivé ukázky lze přehrávat dle potřeby posluchače a umožňuje tak přizpůsobení průběhu experimentu schopnostem, momentální kondici každé pokusné osoby.

Z hlediska výběru posluchačů se jedná o *experiment s libovolným (příležitostným) výběrem*, jinak také *výběr na základě dostupnosti*. Hlavním kritériem pro výběr posluchačů je především ochota pro zúčastnění se tohoto experimentu.

Tab. 3.3: Seznam zvukových ukázek použitých v testu

Užitečný signál	Rušení	SNR [dB]
Mluvené slovo (ženský hlas)	Krátké impulsní rušení	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
	Šum pozadí	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Sborový vokál	Krátké impulsní rušení	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
	Šum pozadí	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Akustická kytara	Krátké impulsní rušení	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
	Šum pozadí	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Country (Eddie Rabbit)	Krátké impulsní rušení	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
	Šum pozadí	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30

V Tab. 3.3 jsou vypsány všechny kombinace zvukových ukázek použitých pro testování. V levém sloupci jsou původní nahrávky představující užitečnou část signálu, tyto nahrávky pocházejí z databáze SQAM, *Sound Quality Assessment Material* [11] poskytované Evropskou vysílací unií, EBU. Ve sloupci prostředním jsou rušení, která jsou přičtena ke každé z původních nahrávek v určených poměrech SNR (sloupec napravo). Touto kombinací tedy vznikne celkem šedesát různých nahrávek, včetně čtyř původních ukázek, neobsahujících rušení. Měření probíhá postupně po tzv. „listech“, kde každý list obsahuje jeden užitečný signál zarušený jedním rušením se sedmi hodnotami SNR, celý test tedy obsahuje 8 listů.

Vybrané dva typy rušení jsou charakteristickými pro gramofonové desky, poměry SNR byly zvoleny pro optimální pokrytí rozsahu subjektivního vnímání zvolených nahrávek. Po provedení zkušebního poslechového testu byla jako nejvyšší hodnota odstupů signálu od šumu zvolena hodnota SNR = 30 dB, u které je již vliv rušení nepostřehnutelný u všech vybraných užitečných signálů. Není tedy zapotřebí vyšších hodnot SNR, jelikož rozdíly mezi těmito ukázkami by nebyly pro lidský sluch rozlišitelné. Délka jednotlivých ukázek je 5 sekund, všechny důležité parametry použitých zvukových souborů jsou zapsány v Tab. 3.4.

Hlasitosti všech užitečných signálů byly nejprve normalizovány na společnou hodnotu efektivního hudebního výkonu RMS = -20 dBFS. Nahrávky dvou rušivých signálů byly generovány pomocí softwarového nástroje iZotope Vinyl. V software pro digitální editaci zvuku Audacity byly tyto signály sečteny v určených poměrech odstupů signálu od šumu, exportované soubory byly použity při provádění poslechových testů.

Tab. 3.4: Parametry testovaných ukázek

Parametry testovaných ukázek	
Formát audio souborů	WAVE (Waveform Audio File Format)
Vzorkovací kmitočet	44100 Hz
Bitová hloubka	16 bitů
Počet zvukových kanálů	2 (stereo)
Délka ukázky	5 s

V Tab. 3.5 je uveden stručný přehled proměnných vyskytujících se v experimentu, pro každou proměnnou je také uveden její název, počet a symbolické označení použitých úrovní nezávisle proměnné a výčet hodnot závisle proměnné. Jednoznačné určení a pojmenování proměnných napomáhá orientaci v experimentu, zejména při pozdějším zpracování dat [1].

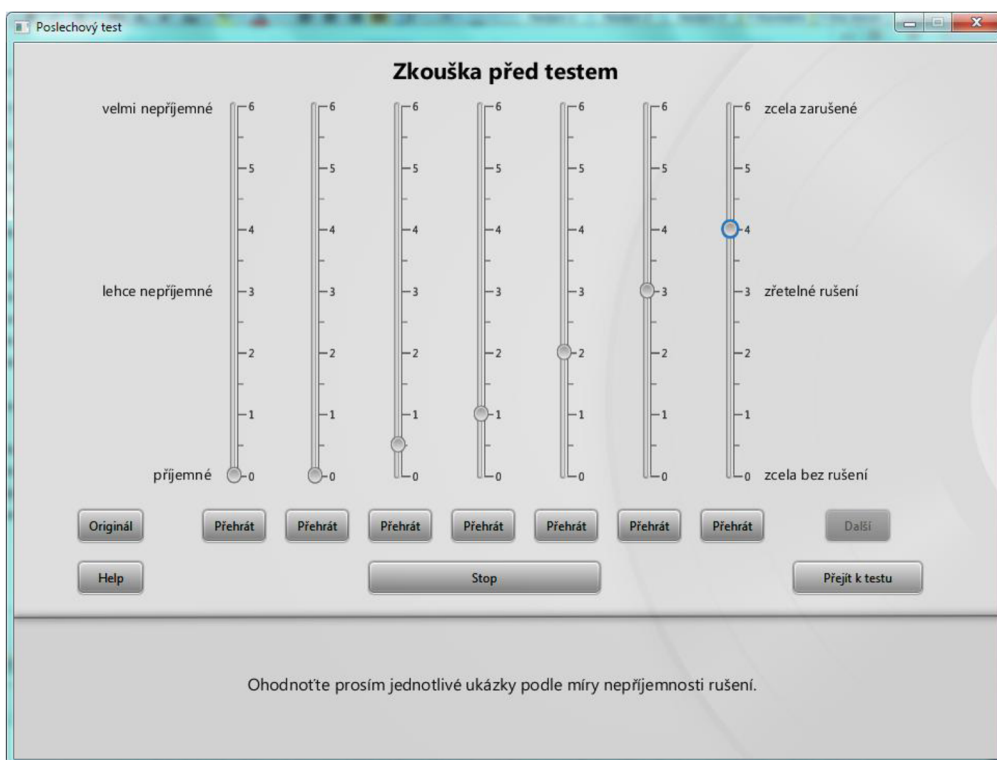
Tab. 3.5: Přehled všech proměnných objevujících se v experimentu

Proměnná	Počet prvků	Specifikace proměnné	Označení nebo hodnoty proměnné
Nezávisle proměnné:	5		
Posluchač	12		P = 1, 2, ... , 11, 12
Hudební ukázka	4	viz Tab. 3.3	A, B, C, D
Rušení	2	krátké impulsní rušení šum pozadí	I S
SNR	7	odstup signálu od šumu	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Opakování experimentu	2	1. test 2. test (retest)	k = 1 k = 2
Závisle proměnná:	1		
Hodnocení vlivu rušení	13	0 ... příjemné 6 ... velmi nepříjemné	r = 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6

3.4 Programová implementace

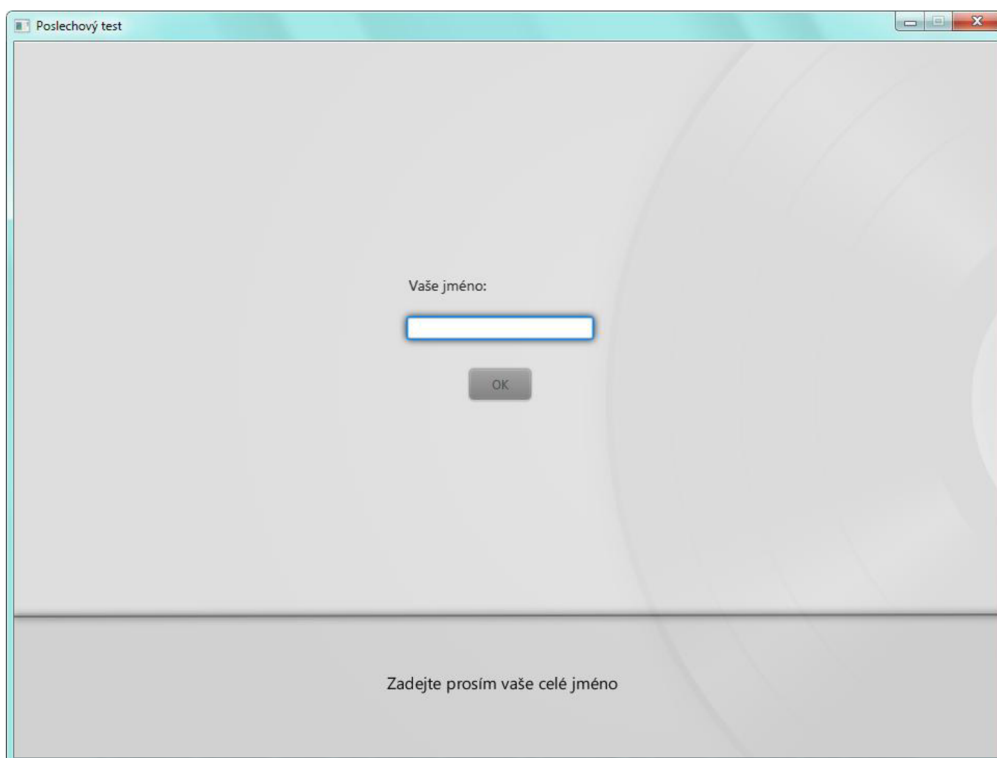
Aplikace pro testování byla vytvořena v programovacím jazyce JAVA, hlavním požadavkem je snadná práce s programem a celková přehlednost uživatelského rozhraní. Programovací jazyk JAVA byl k vytvoření aplikace zvolen z důvodu osobní preference a mých znalostí tohoto jazyka. Jazyk JAVA navíc umožňuje vytvoření snadné a intuitivní grafické implementace.

Po spuštění programu je posluchači předložen cvičný test, na kterém má možnost si nanečisto vyzkoušet hodnocení zvukových ukázek, seznámit se s rozložením tlačítek a jejich funkcemi. Pro cvičný test je použito funkčně i vzhledově totožné okno se samotným testovacím, viz Obr. 3.1. Posluchač má možnost tlačítkem „Další“ přejít na jinou zvukovou ukázkou. Pokud se posluchač cítí dostatečně seznámen s programem a testovací metodou, může přejít stisknutím tlačítka „Přejít k testu“ ke skutečnému poslechovému testu.



Obr. 3.1: Okno pro cvičný test

Před započítím je posluchač dotázán na jméno, jehož zadáním se vytvoří výstupní soubor, do kterého se zapisují hodnoty testu, viz Obr. 3.2. Po zapsání jména a kliknutí na tlačítko „OK“, je posluchači předložena hlavní obrazovka, na které bude probíhat testování.

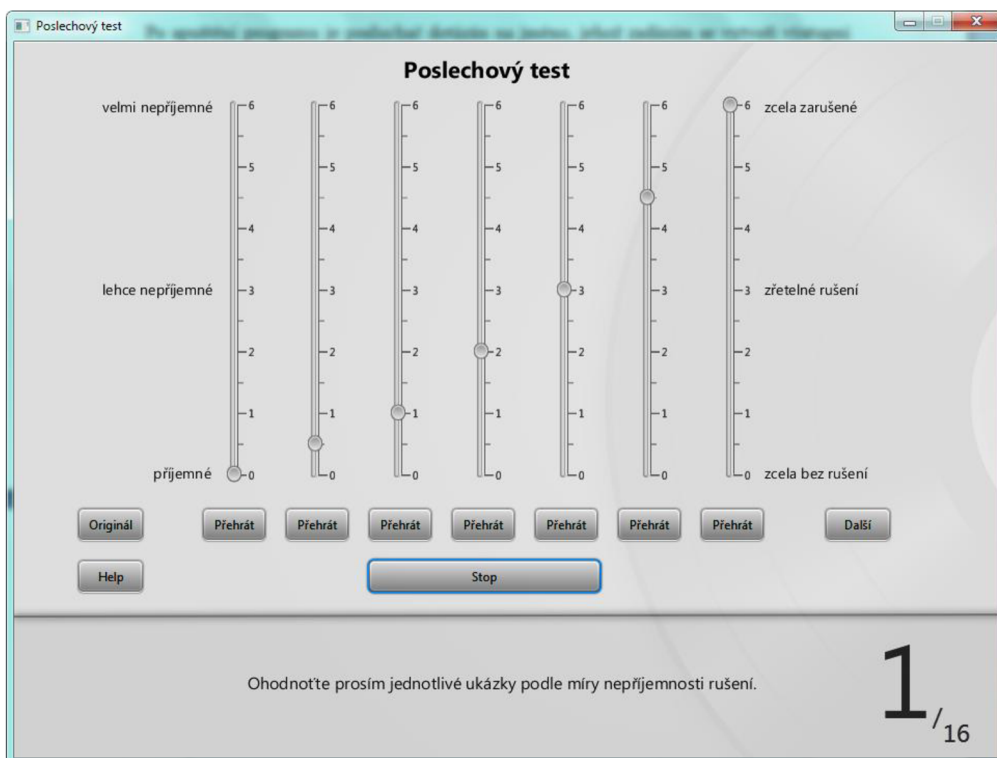


Obr. 3.2: Obrazovka pro zadání jména

Obrazovka pro testování, viz Obr. 3.3, obsahuje sedm tlačítek pro přehrání jednotlivých ukázek s rozličným obsahem rušení, nad každým tlačítkem je posuvník, na kterém posluchač zvolí hodnotu dle jeho subjektivního hodnocení příjemnosti ukázky na vymezeném rozsahu stupnice.

Pro usnadnění je zde tlačítko pro přehrání originální ukázky bez rušení, dále tlačítko „Stop“, které zastaví právě hrající ukázku. Ve spodní části okna lze zobrazit stisknutím tlačítka „Help“ textovou nápovědu, která stručně popisuje funkci všech prvků programu a princip hodnocení ukázek. Počítadlo v pravé části posluchače informuje o postupu v testu, první (velké) číslo značí číslo právě testované zvukové ukázky, druhé (malé) číslo značí celkový počet ukázek.

Pro přesun na další ukázku slouží tlačítko „Další“, které je zpočátku neaktivní, aktivním se stane až po přehrání a ohodnocení všech sedmi ukázek. Po kliknutí na tlačítko se zadané hodnoty doposud zhodnocených ukázek uloží do výstupního souboru, v případě přerušení testu z důvodu nečekaného pádu programu tak nedojde ke ztrátě všech důležitých informací.



Obr. 3.3: Hlavní okno programu pro poslechový test

Po zhodnocení všech ukázek následuje tzv. *retest*, tedy druhé ohodnocení vybraných ukázek. Retest slouží zejména ke zjištění, zda posluchač nehodnotí ukázky s velkými rozdíly při prvním a druhém testu. Jelikož jeden test je sestaven z osmi listů, celý průběh včetně retestu obsahuje šestnáct listů.

Pořadí předkládaných zvukových ukázek je náhodné, automaticky vygenerované softwarem při spuštění testu, respektive při spuštění retestu. Je také zamezeno tomu, aby byla první ukázka retestu stejná jako poslední ukázka testu, tedy aby posluchač nehodnotil totožnou ukázku dvakrát po sobě. Z tohoto důvodu je také mezi jednotlivé testy zařazena krátká pauza, kdy mohou být zodpovězeny případné otázky, či připomínky a také je posluchač vyzván k vyplnění krátkého dotazníku, viz Obr. 3.4. Po vyplnění odpovědí lze tlačítkem „Další“ přejít k retestu, jehož průběh je, s výjimkou pořadí ukázek, totožný s testem prvním.

Poslechový test

Dotazník

Kolik je vám let?

Posloucháte někdy gramofonové desky?

Nikdy
 Občas
 Často

Jak náročný jste posluchač?
 (Zda posloucháte často hudbu a potrpíte si na kvalitu její reprodukce)

Nenáročný
 Pokročilý
 Náročný

Další

Odpovězte prosím na otázky

Obr. 3.4: Dotazník

Dotazník se skládá ze tří otázek, na věk posluchače, zda poslouchá gramofonové desky a za jak náročného posluchače se dotyčný považuje. Tento dotazník je vzhledem k povaze a zaměření testu obsažen pouze jako doplněk k samotným hodnotám testu poslechového a slouží jako pauza mezi jednotlivými testy pro odreagování posluchače, zároveň může posluchač vznést jakékoliv dotazy nebo připomínky k probíhajícímu testu. Cílem dotazníku je objevit případnou spojitost mezi vlastnostmi posluchače a jeho vnímáním rušivých složek signálu, např. zda lze postřehnout zřetelně odlišná hodnocení u posluchačů vyššího věku nebo odlišnosti mezi posluchači, kteří někdy poslouchají gramofonové desky a mohly by tak reagovat jinak na jim dobře známá rušení, oproti těm, kteří „vinyly“ nikdy neposlouchají. Vzhledem k povaze otázek a nedostatečnému počtu účastníků testu však nelze přikládat vyvozeným závěrům nijak velkou váhu. Informace získané z odpovědí je tedy nutno brát spíše jako zajímavost.

Kromě číselných hodnocení se do výstupního souboru vypisuje také doba trvání testu, jednak celkový čas a také čas ohodnocení jednotlivých zvukových ukázek. Toto slouží jako prvek kontroly průběhu testu, pokud by ohodnotil posluchač některou z ukázek podezřele rychle, bylo by nutné podrobněji prozkoumat všechna jeho hodnocení a případně uvážit vyřazení hodnot z konečných výsledků.

4 REALIZACE POSLECHOVÝCH TESTŮ

4.1 Technické za bezpečení testu

Měření bylo prováděno za pomoci mých vlastních prostředků, místo měření bylo voleno dle potřeby a dostupnosti posluchače, jelikož pro běh testovacího programu byl použit notebook, neprobíhala všechny měření ve stejné místnosti, byl však kladen důraz na splnění podmínek potřebných pro dodržení standardu požadovaného pro správně provedení testu. Místnost pro měření byla po dobu testu, z důvodu omezení vnějších ruchů z okolí, vždy uzavřena a byly eliminovány všechny ostatní zdroje akustického rušení.

Pro měření byly použity následující prostředky:

- Notebook s Windows 7
- Externí zvuková karta M-Audio Fast Track
- Sluchátka Superlux HD662



Obr. 4.1: Pracoviště pro provádění poslechových testů

4.2 Získaná data

Experimentu se zúčastnilo celkem 12 osob, každý posluchač postupně ohodnotil 112 známkami kombinace ukázek a rušení, jež jim byly předkládány, data získaná z jejich hodnocení byla zapsána do dvanácti individuálních matic, ukázka takovéto matice náhodného posluchače viz Tab. 4.1. Horizontálně jsou vypsané jednotlivé hudební ukázky (A - řeč, B - sbor, C - country, D - kytara), každá z nich je rozdělena na tři řádky, hodnoty prvního testu, retestu a aritmetický průměr obou testů. Ve sloupcích jsou dva typy rušení (I, S), které jsou rozděleny na 7 různých hodnot SNR. Spodní řádek tabulky obsahuje souhrnné průměry rušení přes všechny ukázky a sloupec na pravé straně obsahuje souhrnné průměry nahrávek přes obě rušení. Hodnoty všech posluchačů jsou v příloze A.

Tab. 4.1: Individuální matice výsledků posouzení od posluchače č. 12

Ukázka		Rušení														Aritmetický průměr pro ukázky							
		I							S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	
A řeč	1. test	0,5	1	2	3	4,5	5	5,5	0	0,5	1	2	3	4	4,5	0,13	0,88	1,63	2,63	3,5	4,38	5,13	
	retest	0	1	1,5	2,5	3	4	5,5	0	1	2	3	3,5	4,5	5								
	průměr	0,25	1	1,75	2,75	3,75	4,5	5,5	0	0,75	1,5	2,5	3,25	4,25	4,75								
B sbor	1. test	0	0,5	1	2	3	4	5,5	0	0,5	1	2	3	4	5	0	0,5	1,25	2,13	3	3,75	4,88	
	retest	0	1	2	3	3,5	4	5	0	0	1	1,5	2,5	3	4								
	průměr	0	0,75	1,5	2,5	3,25	4	5,25	0	0,25	1	1,75	2,75	3,5	4,5								
C country	1. test	0	0,5	1	2	3	3,5	4	0	0	0,5	1,5	2	3	3,5	0	0,13	0,75	1,5	2,5	3,25	3,88	
	retest	0	0	1	1,5	3	4	5	0	0	0,5	1	2	2,5	3								
	průměr	0	0,25	1	1,75	3	3,75	4,5	0	0	0,5	1,25	2	2,75	3,25								
D kytara	1. test	0	0,5	1,5	3	3,5	4	5	0	0,5	1	2,5	3	3,5	4,5	0	0,5	1,25	2,38	3,13	3,75	4,63	
	retest	0	1	1,5	2	3	4,5	5	0	0	1	2	3	3	4								
	průměr	0	0,75	1,5	2,5	3,25	4,25	5	0	0,25	1	2,25	3	3,25	4,25								
Aritmetický průměr pro rušení		0,06	0,69	1,44	2,38	3,31	4,13	5,06	0	0,31	1	1,94	2,75	3,44	4,19								

Pouhým nahlédnutím do matice výsledků lze získat důležité informace o výsledcích posuzování. Zajímavým faktem může být rozsah použitých čísel hodnocení, tento posluchač, jak vidíme, nepoužil v celém testu ani jednou hodnocení číslem 6, to nemusí být náhoda, jelikož dle [1] se tento jev nazývá *chyba centrální tendence*. Projevuje se tím, že posuzovatel může váhat s používáním extrémních hodnot stupnice a tak „stlačuje“ své odpovědi směrem ke středu stupnice. S tímto jevem však bylo počítáno při návrhu testu a stupnice byla navržena s dostatečným počtem stupňů, aby byl vliv chyby centrální tendence eliminován.

Je zřejmé, že hodnocení od tohoto posluchače byly poměrně stabilní, tedy rozdíly mezi jednotlivými testy se příliš neliší, většinou jenom o půl bodu, nejvýše o jeden a půl bodu a několikrát se i shodují. Je však nutné ověřit konzistenci jeho soudů statisticky, viz kapitola č. 4.3.5.

Z aritmetických průměrů rušení lze na první pohled zjistit, že hodnocení krátkého impulsního rušení je pro všechny ukázky mírně vyšší než hodnocení šumu pozadí. Při prozkoumání aritmetických průměrů pro ukázky lze také odvodit jisté závěry, ukázka C – country má jednoznačně nejnižší hodnocení a naopak nejvyšší hodnocení, a tím i nejhorší subjektivní kvalitu způsobenou rušením, má ukázka A – řeč.

Pro vyvození závěrů je však důležitější prozkoumat matici skupinovou, viz Tab. 4.2, která obsahuje souhrnná data všech posluchačů, pro lepší přehlednost nejsou od každého posluchače v tabulce vypsané výsledky testu a retestu, ale pouze aritmetické průměry obou testů.

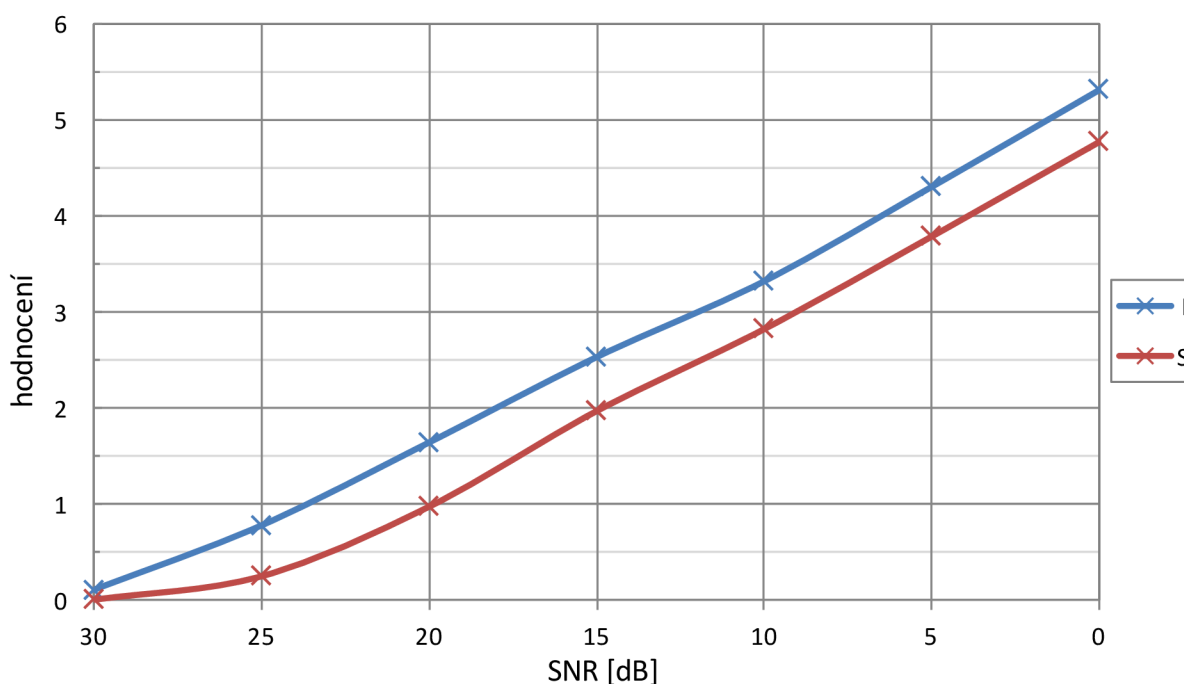
Při prozkoumání výsledků posouzení ve skupinové matici lze vyvodit podobné závěry jako u individuální matice vybraného posluchače v Tab. 4.1. Krátké impulsní rušení je opět hodnoceno vyššími čísly než šum pozadí. Mezi ukázkami je nejvyššími známkami hodnocena ukázka A – řeč, ukázka C – country má průměrná hodnocení nejnižší.

4.2.1 Grafické znázornění výsledků

Pro další prozkoumání výsledků byly zpracovány graficky průměrná hodnocení od všech posluchačů (svislá osa) v závislosti na hodnotě odstupe signálu od šumu SNR (vodorovná osa).

Nejprve porovnání rozdílu hodnocení zvukových ukázek s krátkým impulsním rušením a šumem pozadí, viz Obr. 4.2.

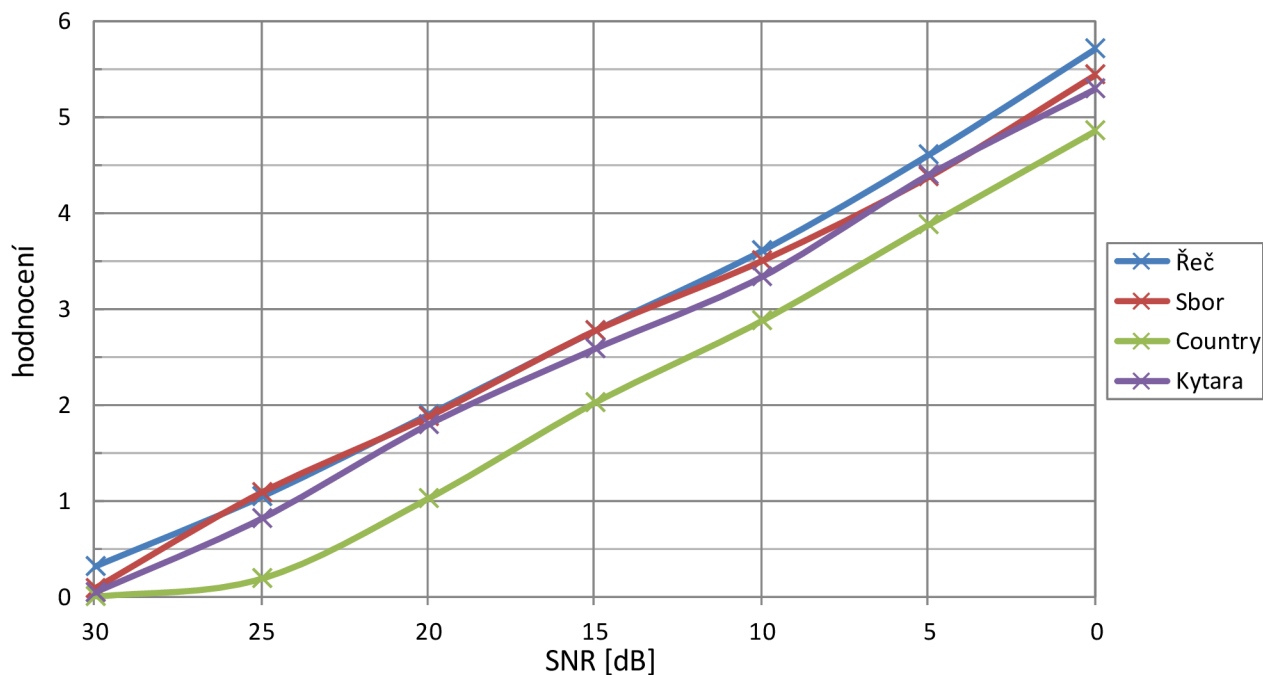
Obr. 4.2: Porovnání průměrných hodnocení nepříjemnosti rušení ve zvukových ukázkách



Na tomto grafu je jednoznačně vidět nižší hodnocení šumu pozadí, kde rozdíl přibližně 0,5 bodu hodnocení je dodržen rovnoměrně přes všechny hodnoty SNR.

V dalším grafu jsou vyobrazena průměrná hodnocení 4 zvukových ukázek s obsahem krátkého impulsního rušení, viz Obr. 4.3.

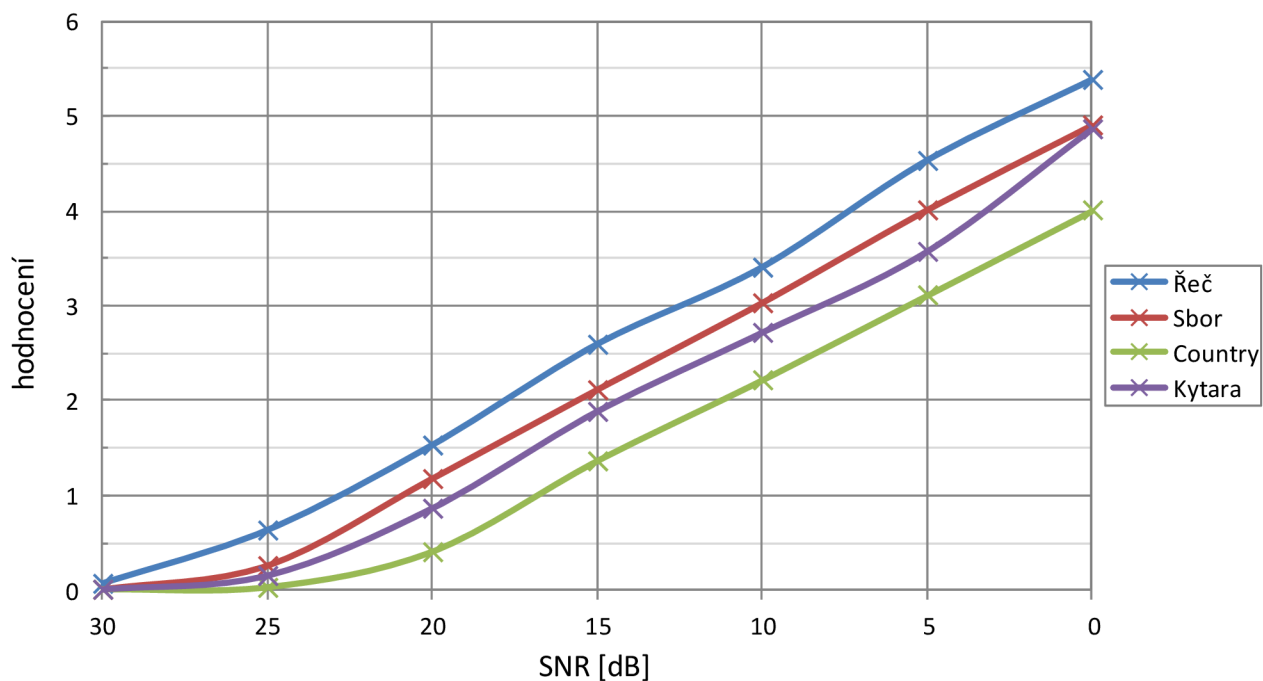
Obr. 4.3: Závislost hodnocení nepříjemnosti impulsního rušení v ukázkách a SNR



Z této závislosti lze zjistit, že ukázka C (country) měla výrazně nižší hodnocení oproti všem zbývajícím, které mají velmi podobné přímky závislosti, pouze pro ukázka A (řeč) lze vysledovat mírně vyšší hodnocení při vysokém poměru šumu, SNR = 5dB – 0dB.

V dalším grafu jsou vyobrazena průměrná hodnocení 4 zvukových ukázek obsahujících šum pozadí, viz Obr. 4.4.

Obr. 4.4: Závislost hodnocení nepříjemnosti šumu pozadí ve zvukových ukázkách a SNR



Z grafu lze zjistit, že ukázka C (country) měla opět nejnižší hodnocení oproti všem zbývajícím, ale jsou zde vidět větší rozdíly mezi třemi zbývajícimi ukázkami, A (řeč) má hodnocení jednoznačně nejvyšší přes všechny hodnoty SNR, mezi nimi ukázky B (sbor) a D (kytara) pouze s mírnými rozdíly, ukázka D (kytara) má druhé nejnižší hodnocení.

Takovýto způsob zpracování numerických soudů je součástí tzv. deskriptivní statistiky [1], jež dokáže odhalit mnohé skutečnosti o prvcích zkoumaných v poslechovém testu, ale zda opravdu existuje „skutečný“ rozdíl mezi prvky nebo zda je takový rozdíl zanedbatelný je nutno ověřit podrobnou statistickou analýzou.

4.3 Statistická analýza

Pro objasnění výsledků poslechových testů byla zvolena tzv. analýza rozptylu, někdy se používá zkrácený výraz ANOVA. Podklady pro výklad v této kapitole pochází z [1].

ANOVA pracuje s rozptylem sesbíraných dat v individuálních či skupinových maticích a s dílčími rozptyly mezi skupinami měřených veličin a rozptyly uvnitř skupin. Cílem je zjistit, zda rozptyl mezi skupinami není jen náhodný, ale je naopak statisticky významný a přispívá tak k rozptylu celkovému.

Ve skutečnosti jsou rozptyly nahrazeny součty kvadrátů odchylek změřených hodnot od jejich aritmetického průměru, tzv. součet čtverců (SC), tato hodnota je přímo úměrná hodnotě rozptylu. Pro výpočty je také důležitý průměrný čtverec (PC), který je definován jako součet čtverců dělený odpovídajícím počtem stupňů volnosti (sv).

Součet čtverců mezi skupinami, je rozdělen na součty čtverců odpovídající rozptylům jednotlivých zdrojů variability. V tomto testu jsou zdrojem variability zvukové ukázky, rušení a posluchači. Ke zdrojům se také přidají interakce mezi nimi, interakce rušení x ukázka, interakce mezi posluchačem a ostatními zdroji a případně také trojitá interakce, rušení x ukázka x posluchač, mezi všemi zdroji variability.

Všechny vypočtené hodnoty analýzy rozptylu aplikované na skupinovou matici výsledků od všech posluchačů jsou vypsány v Tab. 4.3.

Pro další postup je potřeba vybrat jeden ze dvou statistických modelů, buď tzv. pevný model, který chápe skupinu pokusných osob jako samostatnou populaci a výsledky experimentu tedy lze uplatnit pouze pro tyto konkrétní osoby nebo model smíšený, u kterého jsou pokusné osoby vybírány náhodným způsobem z určité populace, pro kterou poté můžeme výsledky experimentu zobecnit. Lze zvolit smíšený model, jelikož byli posluchači náhodně vybíráni z populace studentů.

Nejdůležitější hodnotu v tabulce představuje parametr F , jež se vypočte podílem průměrných čtverců odpovídajících zdrojů. Porovnáním vypočtené hodnoty s kritickou hodnotou F z tabulky zjistíme, zda lze položku považovat za statisticky významnou. Pokud je vypočtené F vyšší, než hodnota tabulková, znamená to, že rozdíl průměrných hodnocení alespoň jedné dvojice z daného zdroje variability se signifikantně liší. O které dvojice se jedná, lze zjistit doplňkovým testem.

Parametr P znamená pravděpodobnost, s jakou by mohlo dojít k prokázání variability hodnot skupinových průměrů pouhou náhodou. P je přímo úměrné hladině významnosti α , na které je zvolena kritická hodnota F_{krit} . Pokud je hodnota F vyšší než hodnota kritická, nelze považovat rozdíly hodnocení za statisticky významné, jelikož je příliš vysoká pravděpodobnost, že mohly rozdíly vzniknout náhodně.

Při prozkoumání hodnot v tabulce lze vyvodit tyto závěry:

- Průměrná skupinová hodnocení rušení se navzájem signifikantně liší.
- Existuje alespoň jeden signifikantní rozdíl mezi průměrnými hodnoceními zvukových ukázek.
- Z interakcí dvou či více zdrojů variability se signifikantně liší pouze interakce rušení x ukázka.
- Statisticky významné rozdíly byly prokázány také mezi hodnoceními některých posluchačů, tyto rozdíly však nejsou pro další testování příliš důležité.
- Interakce rušení x posluchač, ukázka x posluchač ani trojitá interakce všech proměnných rušení x ukázka x posluchač neobsahují statisticky významné rozdíly, jejich hodnoty parametru F nesplňují ani „měkkí“ podmínku na hladině významnosti $\alpha = 0,1$.

Tab. 4.3: Souhrn výsledků parametrické analýzy dat

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit\ 0,1}$	$F_{krit\ 0,01}$	P
rušení (R)	11,23	1	11,23	239,12	-	9,65	< 0,01
ukázka (U)	19,10	3	6,37	106,42	-	4,44	< 0,01
posluchač (P)	19,44	11	1,77	35,86	-	2,44	< 0,01
interakce R x U	0,81	3	0,27	6,72	-	3,99	< 0,01
interakce R x P	0,52	11	0,05	0,95	1,64	-	> 0,1
interakce U x P	1,97	33	0,06	1,21	1,41	-	> 0,1
interakce R x U x P	1,33	33	0,04	0,82	1,41	-	> 0,1
uvnitř skupin	4,73	96	0,05				
Celkem	59,14	191					

Pro ty posuzované objekty, u kterých vyšla statisticky významná hodnota F je jisté, že existuje alespoň jedna signifikantně rozdílná dvojice hodnocených prvků, abychom zjistili, o které dvojice se jedná, je potřeba provést vhodný test. Pro tento typ měření jsou vhodné tyto testy pro párová srovnávání, *Studentův test t* a Tukeyho metoda *HSD* [13].

Studentův test t

Je vhodný pro plánovaná a nezávislá srovnání, to znamená pro srovnání dvou prvků, naplánované již před zahájením experimentu. V tomto experimentu je tento test vhodný na posouzení rozdílu hodnocení mezi dvěma rušeními, toto srovnání bylo plánované jako jeden z hlavních bodů experimentu. Je vhodné zvolit tzv. oboustranný test t, jehož podmínky jsou přísnější než u testu jednostranného, ten dovoluje testovat rozdíly průměrů bez ohledu na jejich znaménko a po splnění podmínky oboustranného testu tak lze jednoznačně prohlásit rozdíl mezi prvky za skutečný, tedy např. prvek A je „lepší“ než prvek B, zároveň B lze prohlásit za „horší“ než A.

Podmínkou splnění tohoto testu je srovnání vypočtené hodnoty t s hodnotou t_{krit} , kterou nalezneme v tabulce kritických hodnot Studentova rozdělení t pro odpovídající stupeň volnosti a požadovanou hladinu významnosti.

Pokud bychom chtěli t test použít pro závislá srovnání více párů, např. kromě srovnání A-B i srovnání A-C, je nutné zvýšit u obou testů hladinu významnosti α . Pro větší množství porovnávaných dvojic by tak bylo splnění podmínek tohoto testu obtížné a je lepší v takovém případě použít test *HSD*.

Pro výpočet se používá následující rovnice [1]

$$t_{IS} = \frac{M_1 - M_S}{\sqrt{\frac{2P\check{C}_{R \times P}}{kmu}}}, \quad (4.1)$$

- kde $P\check{C}_{R \times P}$ je hodnota průměrného čtverce pro interakci rušení x posluchač,
 k je počet opakovaných posouzení,
 m je počet posluchačů,
 u je počet úryvků,
 M_1 je průměrné hodnocení krátkého impulsního rušení,
 M_S je průměrné hodnocení šumu pozadí.

Tukeyho test HSD

Tento test je oboustranný, vhodný pro neplánovaná nebo následná srovnávání, uskutečněná až po provedení analýzy rozptylu, tedy i taková srovnání, se kterými nemuselo být počítáno při návrhu testovací procedury. Lze tak tímto testem ověřit každou kombinaci, pro kterou vyšla hodnota F vyšší než kritická, viz Tab. 4.3.

Pro výpočet se používá následující rovnice [1]

$$HSD = q_{\text{krit}\alpha;sv} \sqrt{\frac{P\check{C}_{R \times P}}{kmu}}, \quad (4.2)$$

kde $P\check{C}_{R \times P}$ je hodnota průměrného čtverce pro interakci rušení x posluchač,
 k je počet opakovaných posouzení,
 m je počet posluchačů,
 u je počet úryvků,
 $q_{\text{krit}\alpha;sv}$ je kritická hodnota pro hladinu významnosti α a pro počet stupňů volnosti sv u patřičné interakce

Po zvolení požadované hladiny významnosti je třeba vyhledat v tabulce kritických hodnot „studentized range statistic“ [14] hodnotu pro odpovídající počet stupňů volnosti. Po dosazení všech hodnot do rovnice, získáme hodnotu HSD , která odpovídá minimálnímu rozdílu, kterým se musí lišit průměry dvou porovnávaných prvků, aby se dal rozdíl považovat za statisticky významný. Pokud je tento rozdíl menší, než hodnota HSD , nelze považovat rozdíl na zvolené hladině významnosti za signifikantní.

Souhrn středních hodnot hodnocení pro všechny kombinace

V Tab. 4.4 jsou shrnuty celkové průměry všech ukázek, rušení a jejich kombinací, pro které budou prováděny následující statistické testy a k jejich výpočtům jsou použity právě tyto hodnoty.

Tab. 4.4: Průměrná hodnocení jednotlivých kombinací ukázek od všech posluchačů

Ukázka	Rušení		průměr
	I	S	
A řeč	2,85	2,58	2,72
B sbor	2,73	2,21	2,47
C country	2,12	1,58	1,85
D kytara	2,61	2,00	2,30
průměr	2,58	2,09	

4.3.1 Rozdíly mezi rušeními

Pokud se podíváme na celkové aritmetické průměry hodnocení od všech posluchačů v Tab. 4.4, nalezneme, že rozdíl mezi jejich hodnoceními je $\bar{x} = 0,48$. Kritické hodnoty parametru t pro stupeň volnosti $sv = 11$, se rovnají $t_{krit\ 0,01} = 3,11$ na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ a $t_{krit\ 0,001} = 4,44$ na hladině významnosti $\alpha = 0,001$. Hodnotu PC_{RXP} lze nalézt v Tab. 4.3, $k = 2$, $u = 4$ a $m = 12$. Dosazením těchto hodnot do rovnice (4.1) dostaneme parametr, který porovnáme s nalezenou kritickou hodnotou, viz Tab. 4.5.

Tab. 4.5: Studentův t-test pro rozdíly mezi rušeními

Dvojice	\bar{x}_I	\bar{x}_S	$\Delta\bar{x}_{IS}$	t_{IS}	$t_{krit\ 0,01}$	$t_{krit\ 0,001}$	splňuje
I - S	2,58	2,09	0,48	15,46	3,11	4,44	ano

Vypočtený parametr $t_{IS} = 15,46$ je větší než kritická hodnota, je tedy splněna podmínka, jež potvrzuje statistickou významnost rozdílu dvou testovaných rušení, a to i na přísnější hladině významnosti $\alpha = 0,001$, která zaručuje přesnost stanoveného výroku minimálně na 99,9%.

Lze tedy prohlásit, že krátké impulsní rušení je více nepříjemné oproti šumu pozadí a přítomnost rušení ve zvukové nahrávce má tedy na negativní kvalitu prožitku větší vliv.

4.3.2 Rozdíly mezi zvukovými ukázkami

Pro porovnání rozdílů mezi hodnoceními zvukových ukázek již není vhodné použít Studentův test t , z důvodů uvedených v kapitole č. 4.3. Jelikož máme 4 zvukové ukázky a porovnááme všechny možné kombinace těchto ukázek, bylo by nutné kvůli velkému počtu závislých srovnání upravit hladinu významnosti na hodnotu, která již není reálná anebo hladinu významnosti snížit a tím také výrazně snížit přesnost výsledných tvrzení. Proto je pro výpočet použit test Tukeyho metodou *HSD*.

Hodnotu PC_{UXP} lze nalézt v Tab. 4.3, $k = 2$, $u = 2$ a $m = 12$, v tabulce kritických hodnot nalezneme parametr q pro $sv = 33$ stupňů a pro 2 opakovaná posouzení, hodnota na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ odpovídá $q_{krit0,01} = 3,865$, hodnota na hladině významnosti $\alpha = 0,001$ odpovídá $q_{krit0,001} = 5,210$. Dosazením těchto hodnot do rovnice (4.2) vypočteme hodnotu parametru $HSD_{0,01} = 0,14$ respektive $HSD_{0,001} = 0,18$ dle odpovídající hladiny významnosti. Pokud je rozdíl průměrů dvojice porovnávaných prvků vyšší, než hodnota *HSD*, lze prohlásit tento rozdíl za statisticky významný.

Tab. 4.6: HSD test pro rozdíly mezi zvukovými ukázkami

Dvojice	\bar{x}_1	\bar{x}_2	$\Delta\bar{x}$	$HSD_{0,01}$	$HSD_{0,001}$	splňuje
A - B	2,72	2,47	0,25	0,14	0,18	ano
A - C	2,72	1,85	0,86	0,14	0,18	ano
A - D	2,72	2,30	0,41	0,14	0,18	ano
B - C	2,47	1,85	0,62	0,14	0,18	ano
B - D	2,47	2,30	0,17	0,14	0,18	ano
D - C	2,30	1,85	0,45	0,14	0,18	ano

V Tab. 4.6 je uvedeno porovnání rozdílů průměrů s hodnotami *HSD*, ve sloupci napravo s názvem „splňuje“ je zapsán výsledek porovnání, tučným písmem psané „ano“ znamená statistickou signifikanci na hladině významnosti $\alpha = 0,001$, normálním písmem psané „ano“ znamená statistickou signifikanci na hladině významnosti $\alpha = 0,01$.

Všechny rozdíly mezi ukázkami byly prokázány jako skutečné, všechny páry splňují podmínku pro přesnost nejméně 99,9%, s výjimkou dvojice B (sbor) a D (kytara) prokázané s přesností 99%, tyto dvě ukázky také mají nejmenší rozdíl průměrů $\bar{x} = 0,17$.

Výsledky nám nabízí porovnání čtyř testovaných ukázek na negativní vliv rušení objevujícího se ve zvukové nahrávce. Výsledné průměry jsou získány pro oba typy rušení dohromady.

Nahrávka A (řeč) byla ohodnocena jako nejhorší, druhá je nahrávka B (sbor), třetí nahrávka D (kytara) a nejmenší vliv rušení na výsledný prožitek poslechu prokázala nahrávka C (country), u této nahrávky byly velmi výrazné rozdíly mezi hodnoceními.

4.3.3 Rozdíly mezi rušeními ve stejné zvukové ukázce

Jelikož hodnota vypočtená hodnota *F* pro interakce rušení x ukázka prokázala přítomnost alespoň jedné statisticky významné dvojice, lze provádět i porovnávání mezi jednotlivými kombinacemi rušení–ukázka. V tomto případě se jedná o srovnání krátkého impulsního rušení s šumem pozadí na jednotlivých zvukových nahrávkách.

Hodnotu PC_{RXP} lze nalézt v Tab. 4.3, $k = 2$, $u = 1$ a $m = 12$. Parametr q pro $sv = 11$ stupňů a pro 2 opakovaná posouzení odpovídá $q_{krit0,01} = 4,392$ na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ a hodnota na hladině významnosti $\alpha = 0,001$ odpovídá $q_{krit0,001} = 6,275$. Dosazením těchto hodnot do rovnice (4.2) dostaneme hodnotu *HSD*, kterou porovnáme s rozdílem průměrů, viz Tab. 4.7.

Tab. 4.7: HSD test pro porovnání rušení na různých zvukových ukázkách

Dvojice	\bar{x}_1	\bar{x}_2	$\Delta\bar{x}$	<i>HSD</i> _{0,01}	<i>HSD</i> _{0,001}	splňuje
A ₁ - A ₅	2,85	2,58	0,26	0,19	0,28	ano
B ₁ - B ₅	2,73	2,21	0,53	0,19	0,28	ano
C ₁ - C ₅	2,12	1,58	0,54	0,19	0,28	ano
D ₁ - D ₅	2,61	2,00	0,61	0,19	0,28	ano

Jelikož při porovnání vlivu rušení byl prokázán větší negativní vliv krátkého impulsního rušení než vliv šumu pozadí, není překvapením, že toto tvrzení platí i pro porovnání těchto rušení na jednotlivých zvukových nahrávkách. Pro nahrávky B (sbor), C (country) a D (kytara) je statistická přesnost nejméně 99,9%, pro nahrávku A (řeč) je přesnost nižší, 99%.

Když porovnáme rozdíly průměrných hodnocení dvou typů rušení u jednotlivých ukázek, vidíme, že pro ukázky B, C a D se pohybují na velmi podobných hodnotách v rozmezí $\Delta\bar{x} = 0,53$ až 0,61. Výrazně odlišné je ovšem hodnocení pro ukázku A (řeč), pro kterou je rozdíl průměrných hodnocení dvou rušení pouze $\Delta\bar{x} = 0,26$. Naopak největší rozdíl mezi hodnocením vlivu rušení byl při ukázce D (kytara), $\Delta\bar{x} = 0,61$.

4.3.4 Rozdíly mezi zvukovými ukázkami se stejným typem rušení

Poslední možnou kombinací pro porovnání jsou rozdíly mezi jednotlivými zvukovými ukázkami pro daný typ rušení. K výpočtu se opět použije rovnice (4.2), do níž se za $P\check{C}_{UXP}$ dosadí hodnota z Tab. 4.3, $k = 2$, $u = 1$ a $m = 12$. Parametr q pro $sv = 33$ stupňů a pro 2 opakovaná posouzení odpovídá $q_{krit0,01} = 3,865$ na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ a hodnota na hladině významnosti $\alpha = 0,001$ odpovídá $q_{krit0,001} = 5,210$. Výsledek *HSD* opět porovnáme s rozdíly průměrů.

Tab. 4.8: *HSD* test pro různé zvukové ukázky s jedním typem rušení

Dvojice	\bar{x}_1	\bar{x}_2	$\Delta\bar{x}$	<i>HSD</i> _{0,01}	<i>HSD</i> _{0,001}	splňuje
A ₁ - B ₁	2,85	2,73	0,12	0,19	0,26	ne
A ₁ - C ₁	2,85	2,12	0,73	0,19	0,26	ano
A ₁ - D ₁	2,85	2,61	0,24	0,19	0,26	ano
B ₁ - C ₁	2,73	2,12	0,61	0,19	0,26	ano
B ₁ - D ₁	2,73	2,61	0,13	0,19	0,26	ne
D ₁ - C ₁	2,61	2,12	0,49	0,19	0,26	ano
A ₅ - B ₅	2,58	2,21	0,38	0,19	0,26	ano
A ₅ - C ₅	2,58	1,58	1,00	0,19	0,26	ano
A ₅ - D ₅	2,58	2,00	0,58	0,19	0,26	ano
B ₅ - C ₅	2,21	1,58	0,62	0,19	0,26	ano
B ₅ - D ₅	2,21	2,00	0,21	0,19	0,26	ano
D ₅ - C ₅	2,00	1,58	0,42	0,19	0,26	ano

Z porovnání ukávek s krátkým impulsním rušením lze nalézt nejmenší rozdíly v hodnoceních mezi dvojicí A (řeč) a B (sbor) a dvojicí B (sbor) a D (kytara), u těchto dvou páru nelze považovat rozdíly za statisticky významné. Mezi dvojicí A (řeč) a D (kytara) byl skutečný rozdíl ověřen s nižší přesností 99%. Jediná z ukávek, pro které bylo průměrné hodnocení výrazně odlišné je C (country), která má opět nejnižší přidělené hodnocení a tím lze tuto ukávkou prohlásit, s přesností 99,9%, za nejméně ovlivnitelnou negativním vlivem krátkého impulsního rušení.

Z porovnání ukávek obsahujících šum pozadí, je nejmenší rozdíl mezi dvojicí B (sbor) a D (kytara), statistická významnost byla ověřena s nižší přesností 99%. Všechny ostatní dvojice jsou ověřeny s přesností 99,9%, jelikož mají poměrně velké rozdíly průměrů.

4.3.5 Intraindividuální reliabilita

Je způsobem kontroly spolehlivosti subjektivního posuzování. Týká se konzistence posudků jednotlivých posuzovatelů a porovnává hodnoty zadané při prvním testu a při dalších opakováních, provedených pokud možno za stejných podmínek. Základním způsobem ověření reliability je prohlídka individuálních matic každého posluchače, dalším způsobem je provedení analýzy rozptylu na posudky každého posluchače.

Pokud se prokáže pro posuzované objekty významná hodnota F , je to známkou spolehlivosti posuzování dané osoby [1]. U všech posluchačů byla tato hodnota prokázána, kompletní výsledky analýzy rozptylu jednotlivých posluchačů jsou uvedeny v příloze B.

Dalším způsobem ověření intraindividuální reliability je tzv. index spolehlivosti průměrných posudků, podle *B.J. Winera* [15] se vypočte z následujícího vztahu,

$$r_w = 1 - \frac{P\check{C}_{uvnitř}}{(S\check{C}_R + S\check{C}_U + S\check{C}_{RxU}) / (sv_R + sv_U + sv_{RxU})} \quad (4.3)$$

Význam všech veličin je podobný jako těch v Tab. 4.3 pouze se budou hodnoty zjišťovat analýzou rozptylu individuální matice každého posluchače.

Při nulovém chybovém rozptylu má index spolehlivosti maximální možnou hodnotu $r_w = 1$. Za nejmenší přijatelnou hodnotu lze považovat $r_w = 0,5$. Tato hodnota sama o sobě však může být zavádějící, je třeba zároveň brát v úvahu i velikost chybového rozptylu, tedy hodnotu $P\check{C}_{uvnitř}$. Podle [13] lze pokládat intraindividuální reliability za dobrou, je-li $r_w \geq 0,7$ a zároveň $P\check{C}_{uvnitř} \leq 1,5$. Obě tyto podmínky byly splněny u všech posluchačů. Vypočtené hodnoty r_w jsou zapsány v Tab. 4.9.

Tab. 4.9: Index spolehlivosti průměrných posudků

Posluchač	r_w
1	0,908
2	0,943
3	0,926
4	0,930
5	0,981
6	0,944
7	0,956
8	0,942
9	0,900
10	0,944
11	0,958
12	0,902
průměr	0,936

Průměrná hodnota parametru $r_w = 0,936$ naznačuje velmi dobrou spolehlivost měření a dokonce i nejnižší hodnota $r_w = 0,900$ od posluchače č. 9 zaručuje dostatečnou spolehlivost konzistence posudků.

Podmínka intraindividuální reliability byla tedy při tomto experimentu splněna, výrazným faktorem může být počet opakovaných posouzení. V případě tohoto experimentu byla posluchačem hodnocena každá nahrávka dvakrát, s každým navýšením počtu opakování lze počítat s poklesem konzistence posudků.

4.3.6 Interindividuální reliabilita

Je dalším způsobem kontroly spolehlivosti subjektivního posuzování. Zaměřuje se na prozkoumání shody mezi soudy více posluchačů. Proto se k jejím výpočtům vychází z hodnot sesbíraných od všech posluchačů v Tab. 4.2 a z výsledků jejich analýzy rozptylu v Tab. 4.3.

Interindividuální reliabilitu lze opět posoudit prohlídkou individuálních matic a vzájemným porovnáním hodnot mezi jednotlivými posluchači. Opět platí, že významná hodnota parametru F pro posuzované objekty zajišťuje spolehlivost soudů, tentokrát se jedná o hodnoty z analýzy rozptylu aplikované na skupinové výsledky od všech posluchačů dohromady v Tab. 4.3, tato podmínka je opět splněna.

Dalším způsobem posouzení interindividuální reliability je tzv. index spolehlivosti, pro jehož výpočet se podle *B.J. Winera* [15] použije následující vztah,

$$r_b = 1 - \frac{(S\check{C}_{RxP} + S\check{C}_{UxP} + S\check{C}_{RxUxP} + S\check{C}_{uvnitř}) / (sv_{RxP} + sv_{UxP} + sv_{RxUxP} + sv_{uvnitř})}{(S\check{C}_R + S\check{C}_U + S\check{C}_{RxU}) / (sv_R + sv_U + sv_{RxU})}. \quad (4.4)$$

Kde význam všech veličin je stejný jako v Tab. 4.3, z této tabulky se také do rovnice dosadí všechny hodnoty a výsledek se poté rovná $r_b = 0,989$. Toto číslo znamená, že při opakování experimentu s jinými posluchači ze zvolené populace by korelace mezi průměrnými číselnými posudky všech kombinací rušení x ukázka byla přibližně 98,9%.

Pro interindividuální reliabilitu je stanovení minimální přijatelné hodnoty indexu spolehlivosti obtížnější, jelikož hodnocení posluchačů mohou být závislá na jejich interpretaci posuzovací škály, hodnocení jednotlivých posluchačů, tak mohou být značně odlišná. Pokud bychom zjistili malou hodnotu r_b (např. 0,5 a méně), bylo by nutné zkontrolovat data v individuálních maticích a odhalit tak případný problém. Pokud by se objevovaly výrazné rozdíly mezi hodnoceními jednotlivých posluchačů a přitom by byla dodržena dostatečně intraindividuální reliabilita (r_w), mohlo by to znamenat, že posluchači posuzovaly ukázky dle odlišných principů [1].

Výsledek $r_b = 0,989$ ovšem lze považovat za výborný, navíc byla splněna i podmínka intraindividuální reliability (r_w), takže lze tento data získaná v tomto experiment prohlásit za spolehlivá.

4.4 Shrnutí výsledků statistické analýzy

Prvním krokem k provedení statistické analýzy sesbíraných dat bylo vypracování analýzy rozptylu. ANOVA byla vypracována pro skupinovou matici s kompletními hodnotami od všech účastníků experimentu, viz Tab. 4.3 a také pro individuální matice každého posluchače zvlášť, viz příloha A.

Analýzou rozptylu skupinové matice byla zjištěna významná hodnota parametru F pro následující zdroje variability: rušení, ukázka, posluchač a interakce rušení x ukázka. Tímto byla pro zmíněné zdroje prokázána přítomnost alespoň jedné dvojice jejich prvků se statisticky významným rozdílem.

Provedením *Studentova testu t* byl prokázán větší negativní vliv přítomnosti krátkého impulsního rušení ve zvukové nahrávce na kvalitu prožitku posluchače oproti rušení šumem pozadí, viz kapitole č. 4.3.1.

Pomocí testu Tukeyho metodou *HSD* byly zjištěny významné rozdíly mezi průměrnými hodnoceními různých zvukových ukázek. Jako nejlépe hodnocená, tedy hodnocená nejnižšími známkami, byla ukázka C (country), u které byl vliv přítomnosti rušení na výslednou kvalitu prožitku ze všech ukázek nejmenší. Druhá nejlépe hodnocená byla ukázka D (kytara), třetí byla ukázka B (sbor) a nejhůř hodnocení bylo přiděleno ukázce A (řeč). Rozdíly mezi všemi ukázkami byly potvrzeny s přesností minimálně 99%, kompletní výsledky jsou v kapitole č. 4.3.2.

Testem Tukeyho metodou *HSD* byly také prokázány rozdíly mezi rušením pro jednotlivé zvukové ukázky. Jelikož bylo prokázáno porovnáním celkových průměrů rušení, že nepříjemnější pro posluchače je krátké impulsní rušení oproti šumu pozadí, není překvapením, že i pro všechny ukázky zvlášť byl stejný rozdíl potvrzen a to s přesností minimálně 99%. Mírně odlišný výsledek nabídl rozdíl průměrných hodnocení rušení ukázky A (řeč), který byl výrazně nižší než u ostatních ukázek. Kompletní rozbor je uveden v kapitole č. 4.3.3.

Poslední testovanou kombinací bylo porovnání rozdílů mezi zvukovými ukázkami se stejným typem rušení, k výpočtům byla opět použita Tukeyho metoda *HSD*. U většiny srovnávaných párů byla opět prokázána statistická významnost jejich rozdílů, viz kapitola č. 4.3.4. Zajímavostí jsou zřetelně větší rozdíly mezi průměrnými hodnoceními většiny párů s obsaženým šumem pozadí, než u párů s krátkým impulsním rušením.

Pro ověření spolehlivosti sesbíraných dat byl proveden test intraindividuální reliability ověřující konzistenci posudků jednotlivých posuzovatelů při prvním testu a retestu, viz kapitola č. 4.3.5. Počítá se z výsledků analýzy rozptylu individuálních matic a výsledná průměrná hodnota parametru $r_w = 0,936$ zaručuje velmi dobrou intraindividuální reliabilitu.

Dále byl proveden test interindividuální reliability, který zkoumá shodu mezi soudy účastníků experimentu, viz kapitola č. 4.3.6. Pro výpočet byly použity hodnoty z analýzy rozptylu hodnot od všech posluchačů a hodnota parametru interindividuální reliability byla vypočtena $r_b = 0,989$, při opakovaném experimentu s náhodně vybranými posluchači z dané populace tedy lze očekávat korelaci mezi průměrnými číselnými posudky všech kombinací rušení x ukázka přibližně 98,9%.

Všechny provedené testy potvrzují úspěšné provedení poslechového experimentu a sesbíraná data od posluchačů tak poskytují cenné informace.

5 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá rušením vyskytujícím se při přehrávání gramofonových desek a zejména subjektivnímu vnímání těchto rušení a jejich vlivu na výslednou kvalitu zvukových ukázek.

První dvě kapitoly obsahující teoretické pojednání o problematice. V úvodu práce je krátké shrnutí oboru psychoakustiky, dále je popsána stručná historie gramofonu, proces výroby gramofonových desek a princip přehrávání jejich zvukového obsahu, viz kapitola č. 1. V další části jsou popsány rušení vyskytující se při přehrávání gramofonových desek a jejich psychologické vnímání pro lidský sluch. Pro nejčastěji se vyskytující rušení jsou k textu přiloženy spektrogramy a časové průběhy těchto rušení, viz kapitola č. 2.

Kapitola č. 3 se přesouvá na praktickou část bakalářské práce, je zde popsán návrh zvolené metody posuzování zvukových podnětů na subjektivních posuzovacích škálách. Pro hodnocení byla vytvořena vlastní stupnice o sedmi stupních. Jako užitečné signály pro testování byly vybrány ukázky z databáze SQAM, tak aby pokrývaly široké spektrum rozdílných zvukových signálů. Nahrávky obsahují mluvené slovo, akustickou kytaru, sborový vokál a country skladbu, rozlišnost těchto ukázek by měla ověřit vliv akustického jevu maskování na vnímání přítomnosti rušení v nahrávce. Rušení šumem pozadí a krátké impulsní rušení použité v testu jsou dvě nejčastější a nejvýraznější, jež se objevují při přehrávání zvukového obsahu gramofonových desek. Pro testování bylo kombinací zvukových nahrávek a rušení v definovaných poměrech odstupu signálu od šumu vytvořeno celkem 56 různých ukázek.

Posluchač má za úkol v rámci testu ohodnotit předložené ukázky dle subjektivní příjemnosti výsledné kvality ukázky. Pro provedení testů byl vytvořen testovací program v jazyce JAVA, popis funkcí programu včetně obrázků s grafickým rozhraním se nachází v kapitole č. 3.4.

Experimentu se zúčastnilo 12 dobrovolníků, každý individuálně provedl poslechový test, v rámci něhož přiřadil předloženým ukázkám celkem 112 hodnocení. Data každého posluchače byla zaznamenána do individuálních matic, ze kterých byla složena skupinová matice. Již při letném prozkoumání hodnot skupinové matice lze postřehnout rozdíly mezi rušeními i zvukovými ukázkami, pro lepší srovnání byly vypracovány i grafické závislosti, vše je uvedeno v kapitole č. 4.2.

Potvrzení rozdílů mezi hodnotami různých prvků testu bylo potvrzeno statistickou analýzou v kapitole č. 4.3. Zvuková nahrávka nejvíce degradovatelná obsaženým rušením je nahrávka s mluveným slovem, naopak nejmenší vliv na výslednou kvalitu prožitku má rušení na country ukázku. Při porovnání dvou rušení bylo negativněji hodnoceno krátké impulsní rušení, to jak v porovnání hodnot pro jednotlivé zvukové nahrávky i pro celkové průměry všech nahrávek. Výsledky hodnocení ukázek tedy potvrdily výchozí úvahy uvedené v kapitole 3.1, velmi výrazný vliv na subjektivní vnímání rušení v nahrávce má jev maskování. Shrnutí výsledků statistické analýzy je uvedeno v kapitole č. 4.4.

Byly provedeny a splněny potřebné kontrolní testy pro ověření spolehlivosti sesbíraných dat, celý experiment tedy lze prohlásit za úspěšný. Tímto byly splněny všechny body zadání této bakalářské práce.

LITERATURA

- [1] MELKA, A. *Základy experimentální psychoakustiky*. 1.vyd. Praha: Akademie múzických umění v Praze, 2005. 328 s. ISBN 80-7331-043-0
- [2] RÁŠO, O. *Objektivní měření a potlačování šumu v hudebním signálu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 148 s. Vedoucí disertační práce Ing. Miroslav Balík, Ph.D.
- [3] VASEGHI, S. V. *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction*. 2. vyd. John Wiley & Sons Ltd, 2000. 480 s. ISBN: 0-470-84162-1.
- [4] GODSILL, S.; RAYNER, P. *Digital audio restoration*. [online]. 1997, [cit. 2013-12-13]. Dostupné z: <http://dsp-book.narod.ru/chapt.pdf>
- [5] Recommendation ITU-R BS.1116, *Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems*, 1997.
- [6] MEILI, R.; ROHRACHER, H., et al.: *Učebnice experimentální psychologie*. 1.vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1967. 370 s.
- [7] REICHEL, J.; VŠETIČKA, M. Encyklopedie fyziky. [online]. 2006, [cit. 2013-12-16]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/>
- [8] Myths - Vinyl [online]. [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: [http://wiki.hydrogenaudio.org/index.php?title=Myths_\(Vinyl\)](http://wiki.hydrogenaudio.org/index.php?title=Myths_(Vinyl))
- [9] BELLIS, M. Emile Berliner – The History of the Gramophone [online]. [cit. 2013-12-5]. Dostupné z: <http://inventors.about.com/od/gstartinventions/a/gramophone.htm>
- [10] Technical conditions for the production of vinyl records [online]. [cit. 2013-12-13]. Dostupné z: <http://gzmedia.eu/Files/Dokumenty-AJ/VINYL/Technical-conditions-Vinyl2.aspx>
- [11] *Sound Quality Assessment Material recordings for subjective tests*, Users' handbook for the EBU SQAM CD, Geneva, 2008, Dostupné z: <http://tech.ebu.ch/publications/sqamcd>
- [12] SCHIMMEL, J. *Elektroakustika*. 1.vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 167 s. ISBN 978-80-214-4716-5
- [13] GABRIELSSON, A. *Statistical treatment of data from listening tests on sound-reproducing systems*. Karolinska Institutet, Stockholm 1979. 72 s.
- [14] FERGUSON, G. A. *Statistical analysis in psychology & education*. McGraw Hill, New York, 1971.
- [15] WINER, B. J. *Statistical principles in experimental design*. 2.vyd. McGraw Hill, New York, 1971.
- [16] Gramophone Record [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupné z: <http://cs-exhibitions.uni-klu.ac.at/index.php?id=516>
- [17] Defects in Gramophone Records [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: http://www.charm.rhul.ac.uk/history/p20_4_2.html

SEZNAM VŠECH ZKRATEK

ANOVA	Analysis of Variance
dBFS	Decibels Relative to Full Scale
EBU	European Broadcasting Union
HSD	Honestly Significant Difference
PVC	polyvinylchlorid
RMS	Root Mean Square
SDG	Subjective Difference Grade
SNR	Signal to Noise Ratio
SQAM	Sound Quality Assessment Material
WAV	Waveform Audio File Format

SEZNAM PŘÍLOH

- A Individuální matice sesbíraných dat**
- B Analýza rozptylu dat z individuálních matic**
- C Data na přiloženém CD**

A Individuální matice sesbíraných dat

Tab. A.1: Matice naměřených hodnot posluchače č. 1

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0	0	0,5	1,5	3,5	4,5	5,5	0	0	0,5	1,5	3	4,5	5,5	0	0,13	0,5	1,5	3	4,25	5,38
	retest	0	0,5	0,5	2	3	4	5,5	0	0	0,5	1	2,5	4	5							
	průměr	0	0,25	0,5	1,75	3,25	4,25	5,5	0	0	0,5	1,25	2,75	4,25	5,25							
B	1. test	0	0,5	1	2,5	3	4,5	5,5	0	0	0,5	1	2	3,5	4,5	0	0,25	0,75	1,63	2,25	3,63	5
	retest	0	0,5	1	2	2,5	3,5	5,5	0	0	0,5	1	1,5	3	4,5							
	průměr	0	0,5	1	2,25	2,75	4	5,5	0	0	0,5	1	1,75	3,25	4,5							
C	1. test	0	0	0,5	1	1,5	3	4,5	0	0	0	1	1,5	3	4	0	0	0,25	0,75	1,5	2,88	4,13
	retest	0	0	0,5	0,5	1,5	3	4	0	0	0	0,5	1,5	2,5	4							
	průměr	0	0	0,5	0,75	1,5	3	4,25	0	0	0	0,75	1,5	2,75	4							
D	1. test	0	0,5	1	2	3	4	5,5	0	0	0,5	1	1,5	3	5	0	0,13	0,63	1,25	2	3,38	5,13
	retest	0	0	0,5	1	2	3	4,5	0	0	0,5	1	1,5	3,5	5,5							
	průměr	0	0,25	0,75	1,5	2,5	3,5	5	0	0	0,5	1	1,5	3,25	5,25							
Aritmetický průměr		0	0,25	0,69	1,56	2,5	3,69	5,06	0	0	0,38	1	1,88	3,38	4,75							

Tab. A.2: Matice naměřených hodnot posluchače č. 2

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0	1	1,5	2,5	3	4	5	0	0,5	1	2	2	3	4	0	0,88	1,5	2,13	2,63	3,25	4,13
	retest	0	1	2	2	2,5	3	4	0	1	1,5	2	3	3	3,5							
	průměr	0	1	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	0	0,75	1,25	2	2,5	3	3,75							
B	1. test	0	1	2,5	3	3	4	4,5	0	1	1,5	2	2,5	3	4	0	0,75	1,63	2,25	2,75	3,25	4,25
	retest	0	1	1,5	2	3	3	4	0	0	1	2	2,5	3	4,5							
	průměr	0	1	2	2,5	3	3,5	4,25	0	0,5	1,25	2	2,5	3	4,25							
C	1. test	0	0	1	2	2,5	3	4	0	0	0,5	0,5	1	2	3	0	0	0,63	1,38	1,88	2,5	3,63
	retest	0	0	1	2,5	3	3	4,5	0	0	0	0,5	1	2	3							
	průměr	0	0	1	2,25	2,75	3	4,25	0	0	0,25	0,5	1	2	3							
D	1. test	0	1	2	2,5	3	4	4,5	0	0	0,5	1	2	3	3,5	0	0,75	1,25	1,75	2,38	3,25	4
	retest	0	1,5	1,5	2	2,5	3	4	0	0,5	1	1,5	2	3	4							
	průměr	0	1,25	1,75	2,25	2,75	3,5	4,25	0	0,25	0,75	1,25	2	3	3,75							
Aritmetický průměr		0	0,81	1,63	2,31	2,81	3,38	4,31	0	0,38	0,88	1,44	2	2,75	3,69							

Tab. A.3: Matice naměřených hodnot posluchače č. 3

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0,5	0,5	1	3	3	4,5	6	0	0	1	2	3	5	6	0,13	0,38	1,13	2,75	3,38	4,63	6
	retest	0	1	1,5	3	3,5	4	6	0	0	1	3	4	5	6							
	průměr	0,25	0,75	1,25	3	3,25	4,25	6	0	0	1	2,5	3,5	5	6							
B	1. test	0	1	2	3	4	5	5,5	0	0	1	1	3	5	6	0	0,5	1,5	2,25	3,38	4,5	5,63
	retest	0	1	2	3	3,5	4	6	0	0	1	2	3	4	5							
	průměr	0	1	2	3	3,75	4,5	5,75	0	0	1	1,5	3	4,5	5,5							
C	1. test	0	0	1	2	3	4	5	0	0	0	1	2	3	5	0	0,13	0,5	1,38	2,38	3,5	4,75
	retest	0	0,5	1	1,5	3	4	5	0	0	0	1	1,5	3	4							
	průměr	0	0,25	1	1,75	3	4	5	0	0	0	1	1,75	3	4,5							
D	1. test	0	1	2	3	4	5	6	0	0	0	1	2	3	5	0	0,25	1	2	3	4,13	5,38
	retest	0	0	1	2	3	4,5	5,5	0	0	1	2	3	4	5							
	průměr	0	0,5	1,5	2,5	3,5	4,75	5,75	0	0	0,5	1,5	2,5	3,5	5							
Aritmetický průměr		0,06	0,63	1,44	2,56	3,38	4,38	5,63	0	0	0,63	1,63	2,69	4	5,25							

Tab. A.4: Matice naměřených hodnot posluchače č.4

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A řeč	1. test	1	2	3	4	4,5	5,5	6	0	0,5	2,5	3	4	5	6	0,25	1,25	2,5	3,25	4	5	6
	retest	0	1,5	2,5	3	4	5	6	0	1	2	3	3,5	4,5	6							
	průměr	0,5	1,75	2,75	3,5	4,25	5,25	6	0	0,75	2,25	3	3,75	4,75	6							
B sbor	1. test	0,5	2	2,5	3	3,5	5	6	0	0	1,5	3	4	4,5	6	0,13	0,88	1,88	3	3,88	5	5,88
	retest	0	1,5	2	3	4	5,5	6	0	0	1,5	3	4	5	5,5							
	průměr	0,25	1,75	2,25	3	3,75	5,25	6	0	0	1,5	3	4	4,75	5,75							
C country	1. test	0	0,5	2	3	3,5	5	5,5	0	0,5	1	3	3,5	4	5	0	0,25	1,25	2,63	3,25	4,25	5,13
	retest	0	0	1	2,5	3	4,5	5,5	0	0	1	2	3	3,5	4,5							
	průměr	0	0,25	1,5	2,75	3,25	4,75	5,5	0	0,25	1	2,5	3,25	3,75	4,75							
D kytara	1. test	0	2	3	3,5	4,5	5,5	6	0	0	1	2	3	4	6	0	0,88	1,88	2,75	3,63	4,5	5,75
	retest	0	1,5	2,5	3	4	4,5	6	0	0	1	2,5	3	4	5							
	průměr	0	1,75	2,75	3,25	4,25	5	6	0	0	1	2,25	3	4	5,5							
Aritmetický průměr		0,19	1,38	2,31	3,13	3,88	5,06	5,88	0	0,25	1,44	2,69	3,5	4,31	5,5							

Tab. A.5: Matice naměřených hodnot posluchače č.5

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0	0,5	1,5	3	3,5	4,5	6	0	0	1	2,5	3,5	4,5	5,5	0,13	0,38	1,5	2,88	3,5	4,5	5,88
	retest	0,5	1	2	3	3,5	4,5	6	0	0	1,5	3	3,5	4,5	6							
	průměr	0,25	0,75	1,75	3	3,5	4,5	6	0	0	1,25	2,75	3,5	4,5	5,75							
B	1. test	0,5	1,5	2,5	3	4	4,5	5,5	0	0	0,5	2	3	4	4,5	0,13	0,63	1,38	2,38	3,38	4,13	5,13
	retest	0	1	2	3	3,5	4	5,5	0	0	0,5	1,5	3	4	5							
	průměr	0,25	1,25	2,25	3	3,75	4,25	5,5	0	0	0,5	1,75	3	4	4,75							
C	1. test	0	0	0,5	1,5	3	4	5,5	0	0	0	1	2	3	4,5	0	0	0,38	1,38	2,63	3,63	4,88
	retest	0	0	1	2	3	4	5,5	0	0	0	1	2,5	3,5	4							
	průměr	0	0	0,75	1,75	3	4	5,5	0	0	0	1	2,25	3,25	4,25							
D	1. test	0	1	2,5	3	3,5	4,5	5,5	0	0	0,5	1,5	3	4	5,5	0	0,38	1,38	2,25	3,25	4,13	5,38
	retest	0	0,5	2	3	3,5	4,5	5,5	0	0	0,5	1,5	3	3,5	5							
	průměr	0	0,75	2,25	3	3,5	4,5	5,5	0	0	0,5	1,5	3	3,75	5,25							
Aritmetický průměr		0,13	0,69	1,75	2,69	3,44	4,31	5,63	0	0	0,56	1,75	2,94	3,88	5							

Tab. A.6: Matice naměřených hodnot posluchače č.6

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0,5	1	2,5	3	4,5	5,5	6	0	1	2	3	4	5,5	6	0,38	1,25	2,5	3,13	4,13	5,25	5,88
	retest	0,5	1,5	3	3,5	4,5	5	6	0,5	1,5	2,5	3	3,5	5	5,5							
	průměr	0,5	1,25	2,75	3,25	4,5	5,25	6	0,25	1,25	2,25	3	3,75	5,25	5,75							
B	1. test	0,5	2	2,5	3	3,5	5	6	0	0	1,5	3	4	4,5	5,5	0,13	1	1,88	3	3,88	5	5,75
	retest	0	1,5	2	3	4	5,5	6	0	0,5	1,5	3	4	5	5,5							
	průměr	0,25	1,75	2,25	3	3,75	5,25	6	0	0,25	1,5	3	4	4,75	5,5							
C	1. test	0	0,5	1	3	3	4	5,5	0	0	1	3	3,5	4,5	5	0	0,13	1	2,5	3,13	4	4,88
	retest	0	0	1	2	3	4	5	0	0	1	2	3	3,5	4							
	průměr	0	0,25	1	2,5	3	4	5,25	0	0	1	2,5	3,25	4	4,5							
D	1. test	0,5	1,5	3	3,5	4,5	5,5	6	0	0,5	1,5	3	3,5	4	5,5	0,13	0,75	2	3	3,75	4,63	5,5
	retest	0	1	2,5	3	4	5	5,5	0	0	1	2,5	3	4	5							
	průměr	0,25	1,25	2,75	3,25	4,25	5,25	5,75	0	0,25	1,25	2,75	3,25	4	5,25							
Aritmetický průměr		0,25	1,13	2,19	3	3,88	4,94	5,75	0,06	0,44	1,5	2,81	3,56	4,5	5,25							

Tab. A.7: Matice naměřených hodnot posluchače č.7

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0	1	1,5	2,5	3	4	5,5	0	0,5	1	2	3	4	4,5	0	0,88	1,5	2,25	3	3,75	4,75
	retest	0	1	2	2	3	3,5	5	0	1	1,5	2,5	3	3,5	4							
	průměr	0	1	1,75	2,25	3	3,75	5,25	0	0,75	1,25	2,25	3	3,75	4,25							
B	1. test	0	1	1,5	2	2,5	3	4,5	0	1	2	2,5	3	3,5	4	0	0,75	1,63	2,25	2,88	3,63	4,5
	retest	0	1	2	2,5	3	4	5	0	0	1	2	3	4	4,5							
	průměr	0	1	1,75	2,25	2,75	3,5	4,75	0	0,5	1,5	2,25	3	3,75	4,25							
C	1. test	0	0	1	2	2,5	3	4	0	0	0,5	1,5	2	2,5	3	0	0	0,63	1,75	2,25	2,88	3,63
	retest	0	0	1	2,5	2,5	3	4	0	0	0	1	2	3	3,5							
	průměr	0	0	1	2,25	2,5	3	4	0	0	0,25	1,25	2	2,75	3,25							
D	1. test	0	1	1,5	2	2,5	3,5	4	0	0	1	2	2,5	3	4	0,13	0,63	1,25	1,88	2,5	3,38	4,13
	retest	0,5	1	1,5	2	3	4	4,5	0	0,5	1	1,5	2	3	4							
	průměr	0,25	1	1,5	2	2,75	3,75	4,25	0	0,25	1	1,75	2,25	3	4							
Aritmetický průměr		0,06	0,75	1,5	2,19	2,75	3,5	4,56	0	0,38	1	1,88	2,56	3,31	3,94							

Tab. A.8: Matice naměřených hodnot posluchače č.8

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0,5	1	2,5	3	4	5	6	0	0	1	2,5	3	5	5,5	0,13	0,63	1,75	2,88	3,75	5	5,88
	retest	0	1	2	3	4	5	6	0	0,5	1,5	3	4	5	6							
	průměr	0,25	1	2,25	3	4	5	6	0	0,25	1,25	2,75	3,5	5	5,75							
B	1. test	0	1	2	3	3,5	4,5	5,5	0	0	1	2	3	4,5	5	0	0,38	1,25	2,25	3	4	4,88
	retest	0	0,5	1,5	2,5	3	4	5	0	0	0,5	1,5	2,5	3	4							
	průměr	0	0,75	1,75	2,75	3,25	4,25	5,25	0	0	0,75	1,75	2,75	3,75	4,5							
C	1. test	0	0	1	2	3	4	5	0	0	0	1	2	3	5	0	0,13	0,5	1,38	2,38	3,5	4,75
	retest	0	0,5	1	1,5	3	4	5	0	0	0	1	1,5	3	4							
	průměr	0	0,25	1	1,75	3	4	5	0	0	0	1	1,75	3	4,5							
D	1. test	0	1	2	3	3	4	5	0	0	0,5	2	3	3,5	5	0	0,5	1,13	2,38	3	4	5,13
	retest	0	0,5	1	2	3	4,5	5,5	0	0,5	1	2,5	3	4	5							
	průměr	0	0,75	1,5	2,5	3	4,25	5,25	0	0,25	0,75	2,25	3	3,75	5							
Aritmetický průměr		0,06	0,69	1,63	2,5	3,31	4,38	5,38	0	0,13	0,69	1,94	2,75	3,88	4,94							

Tab. A.9: Matice naměřených hodnot posluchače č.9

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0,5	1	2	3	4	5	6	0,5	0,5	1,5	3	4	4,5	5,5	0,25	0,88	2	3	3,75	4,75	5,88
	retest	0	1	2,5	3	3,5	4,5	6	0	1	2	3	3,5	5	6							
	průměr	0,25	1	2,25	3	3,75	4,75	6	0,25	0,75	1,75	3	3,75	4,75	5,75							
B	1. test	0,5	1,5	2,5	3	4	4,5	5,5	0	1	1,5	3	3,5	4,5	5	0,13	0,88	1,75	2,75	3,5	4,25	5,25
	retest	0	1	2	3	3,5	4	5,5	0	0	1	2	3	4	5							
	průměr	0,25	1,25	2,25	3	3,75	4,25	5,5	0	0,5	1,25	2,5	3,25	4,25	5							
C	1. test	0	1	2	3	4	4,5	5	0	0	0,5	2	3	4	4,5	0	0,25	1,13	2,25	3,25	3,88	4,75
	retest	0	0	1	2	3	4	5,5	0	0	1	2	3	3	4							
	průměr	0	0,5	1,5	2,5	3,5	4,25	5,25	0	0	0,75	2	3	3,5	4,25							
D	1. test	0	1	2,5	3	3,5	4,5	5,5	0	0	1	2	3	4	5,5	0	0,5	1,75	2,75	3,5	4,38	5,5
	retest	0	0,5	2	3	4	5	6	0	0,5	1,5	3	3,5	4	5							
	průměr	0	0,75	2,25	3	3,75	4,75	5,75	0	0,25	1,25	2,5	3,25	4	5,25							
Aritmetický průměr		0,13	0,88	2,06	2,88	3,69	4,5	5,63	0,06	0,38	1,25	2,5	3,31	4,13	5,06							

Tab. A.10: Matice naměřených hodnot posluchače č.10

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	0,5	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	5,5	0,5	1,38	2,25	3	3,88	5,25	5,88
	retest	1	2	2,5	3	4	5,5	6	0,5	1,5	2,5	3	3,5	5,5	6							
	průměr	0,75	1,5	2,25	3	4	5,25	6	0,25	1,25	2,25	3	3,75	5,25	5,75							
B	1. test	0	1	2	3	4,5	5	6	0	0,5	1,5	2,5	3	3,5	5	0	0,63	1,5	2,63	3,5	4,13	5,38
	retest	0	1	1,5	3	3,5	4	5,5	0	0	1	2	3	4	5							
	průměr	0	1	1,75	3	4	4,5	5,75	0	0,25	1,25	2,25	3	3,75	5							
C	1. test	0	0,5	1	2	3	4,5	5	0	0	0,5	2	3	4	4,5	0	0,13	0,63	1,88	2,88	4,13	4,75
	retest	0	0	1	2,5	3	5	5,5	0	0	0	1	2,5	3	4							
	průměr	0	0,25	1	2,25	3	4,75	5,25	0	0	0,25	1,5	2,75	3,5	4,25							
D	1. test	0	0,5	2	3	4	5	6	0	0	0,5	1,5	3	4	5,5	0	0,13	1,25	2,25	3,25	4,38	5,5
	retest	0	0	1,5	2,5	3	4,5	5,5	0	0	1	2	3	4	5							
	průměr	0	0,25	1,75	2,75	3,5	4,75	5,75	0	0	0,75	1,75	3	4	5,25							
Aritmetický průměr		0,19	0,75	1,69	2,75	3,63	4,81	5,69	0,06	0,38	1,13	2,13	3,13	4,13	5,06							

Tab. A.11: Matice naměřených hodnot posluchače č.11

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A	1. test	1	2	2	3	4	5,5	6	0	1	2	3	4	5	6	0,38	1,25	1,75	3	3,63	4,88	5,75
	retest	0,5	1	1,5	3	3	5	6	0	1	1,5	3	3,5	4	5							
	průměr	0,75	1,5	1,75	3	3,5	5,25	6	0	1	1,75	3	3,75	4,5	5,5							
B	1. test	0	1	1,5	3	4,5	5	5,5	0	1	2	2	3	4,5	5	0	0,88	1,88	2,75	3,75	5	5,5
	retest	0	1	2	3	4	5,5	6	0	0,5	2	3	3,5	5	5,5							
	průměr	0	1	1,75	3	4,25	5,25	5,75	0	0,75	2	2,5	3,25	4,75	5,25							
C	1. test	0	0,5	1	2,5	3	4,5	5	0	0	0,5	1	2,5	3	4	0	0,13	0,88	1,5	2,5	3,5	4
	retest	0	0	1	1,5	3	3,5	4	0	0	1	1	1,5	3	3							
	průměr	0	0,25	1	2	3	4	4,5	0	0	0,75	1	2	3	3,5							
D	1. test	0	1	1,5	3	3	4	5	0	0	1	2	2,5	3	5	0	0,38	1,13	2,13	2,88	3,88	4,88
	retest	0	0	1	2	3	5	5,5	0	0,5	1	1,5	3	3,5	4							
	průměr	0	0,5	1,25	2,5	3	4,5	5,25	0	0,25	1	1,75	2,75	3,25	4,5							
Aritmetický průměr		0,19	0,81	1,44	2,63	3,44	4,75	5,38	0	0,5	1,38	2,06	2,94	3,88	4,69							

Tab. A.12: Matice naměřených hodnot posluchače č.12

Ukázka		Rušení												Aritmetický průměr								
		I						S														
		30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0	30	25	20	15	10	5	0
A řeč	1. test	0,5	1	2	3	4,5	5	5,5	0	0,5	1	2	3	4	4,5	0,13	0,88	1,63	2,63	3,5	4,38	5,13
	retest	0	1	1,5	2,5	3	4	5,5	0	1	2	3	3,5	4,5	5							
	průměr	0,25	1	1,75	2,75	3,75	4,5	5,5	0	0,75	1,5	2,5	3,25	4,25	4,75							
B sbor	1. test	0	0,5	1	2	3	4	5,5	0	0,5	1	2	3	4	5	0	0,5	1,25	2,13	3	3,75	4,88
	retest	0	1	2	3	3,5	4	5	0	0	1	1,5	2,5	3	4							
	průměr	0	0,75	1,5	2,5	3,25	4	5,25	0	0,25	1	1,75	2,75	3,5	4,5							
C country	1. test	0	0,5	1	2	3	3,5	4	0	0	0,5	1,5	2	3	3,5	0	0,13	0,75	1,5	2,5	3,25	3,88
	retest	0	0	1	1,5	3	4	5	0	0	0,5	1	2	2,5	3							
	průměr	0	0,25	1	1,75	3	3,75	4,5	0	0	0,5	1,25	2	2,75	3,25							
D kytara	1. test	0	0,5	1,5	3	3,5	4	5	0	0,5	1	2,5	3	3,5	4,5	0	0,5	1,25	2,38	3,13	3,75	4,63
	retest	0	1	1,5	2	3	4,5	5	0	0	1	2	3	3	4							
	průměr	0	0,75	1,5	2,5	3,25	4,25	5	0	0,25	1	2,25	3	3,25	4,25							
Aritmetický průměr		0,06	0,69	1,44	2,38	3,31	4,13	5,06	0	0,31	1	1,94	2,75	3,44	4,19							

B Analýza rozptylu dat z individuálních matic

Tab. B.1: Analýza rozptylu posudků posluchače č.1

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit\ 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	0,46	1	0,46	9,76	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	1,23	3	0,41	8,68	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	1,89	3	0,63	13,32	3,99	< 0,01
uvnitř	0,38	8	0,05			

Tab. B.2: Analýza rozptylu posudků posluchače č.2

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit\ 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	1,39	1	1,39	31,57	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	1,21	3	0,40	9,13	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	2,81	3	0,94	21,29	3,99	< 0,01
uvnitř	0,35	8	0,04			

Tab. B.3: Analýza rozptylu posudků posluchače č.3

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit\ 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	1,23	1	1,23	19,41	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	1,64	3	0,55	8,66	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	3,14	3	1,05	16,59	3,99	< 0,01
uvnitř	0,51	8	0,06			

Tab. B.4: Analýza rozptylu posudků posluchače č.4

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit\ 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	1,39	1	1,39	24,47	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	1,32	3	0,44	7,75	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	2,98	3	0,99	17,53	3,99	< 0,01
uvnitř	0,45	8	0,06			

Tab. B.5: Analýza rozptylu posudků posluchače č.5

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit\ 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	1,65	1	1,65	92,57	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	1,52	3	0,51	28,33	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	3,38	3	1,13	63,14	3,99	< 0,01
uvnitř	0,14	8	0,02			

Tab. B.6: Analýza rozptylu posudků posluchače č.6

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit\ 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	0,73	1	0,73	15,57	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	2,06	3	0,69	14,58	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	3,11	3	1,04	21,95	3,99	< 0,01
uvnitř	0,38	8	0,05			

Tab. B.7: Analýza rozptylu posudků posluchače č.7

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	0,41	1	0,41	19,06	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	1,25	3	0,42	19,20	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	1,75	3	0,58	26,96	3,99	< 0,01
uvnitř	0,17	8	0,02			

Tab. B.8: Analýza rozptylu posudků posluchače č.8

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	1,07	1	1,07	19,33	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	2,24	3	0,75	13,44	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	3,40	3	1,13	20,41	3,99	< 0,01
uvnitř	0,44	8	0,06			

Tab. B.9: Analýza rozptylu posudků posluchače č.9

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	0,77	1	0,77	14,38	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	1,04	3	0,35	6,49	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	1,92	3	0,64	12,02	3,99	< 0,01
uvnitř	0,43	8	0,05			

Tab. B.10: Analýza rozptylu posudků posluchače č.10

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	1,00	1	1,00	17,04	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	2,57	3	0,86	14,62	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	3,71	3	1,24	21,10	3,99	< 0,01
uvnitř	0,47	8	0,06			

Tab. B.11: Analýza rozptylu posudků posluchače č.11

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	0,83	1	0,83	15,57	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	3,59	3	1,20	22,49	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	4,49	3	1,50	28,09	3,99	< 0,01
uvnitř	0,43	8	0,05			

Tab. B.12: Analýza rozptylu posudků posluchače č.12

Zdroj variability	SČ	sv	PČ	F	$F_{krit 0,01}$	P
rušení (<i>R</i>)	0,96	1	0,96	13,21	9,65	< 0,01
ukázka (<i>U</i>)	2,44	3	0,81	11,13	4,44	< 0,01
interakce <i>R x U</i>	2,62	3	0,87	11,95	3,99	< 0,01
uvnitř	0,58	8	0,07			

C Data na přiloženém CD

Na přiloženém datovém disku jsou všechny soubory potřebné pro funkci programu, ve kterém lze provést poslechový test.

Otevřením souboru „Program.jar“ se spustí aplikace.

Ve složce „Audio“ jsou uloženy všechny zvukové soubory, které hlavní program používá.