

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra managementu

**Analýza působení digitálně upravených
akustických signálů**
Bakalářská práce

Autor: Michal Plecháč

Studijní obor: Informační management

Vedoucí práce: prof. PhDr. Marek Franěk, CSc., Ph.D.

Hradec Králové

duben 2023

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 28.4.2023

Michal Plecháč

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat panu prof. PhDr. Marku Fraňkovi, CSc., Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

Anotace

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vnímání digitálních akustických signálů mobilních aplikací člověkem. V práci je popsána krátce historie a základy akustiky, dále fyziologie sluchu, a je zde představen obor psychofyziky, který dal vzniku dnes velmi populární psychoakustice. V praktické části je proveden psychoakustický experiment, který zkoumá, jak lidé vnímají zvuky komunikačních aplikací. Je zde popsán postup při plánování experimentu, jeho průběh, a nakonec i vyhodnocení výsledků. Tato práce může být přínosem pro každého, kdo se zajímá o psychoakustiku.

Annotation

This bachelor's thesis focuses on human perception of digital acoustic signals of mobile applications. The paper briefly describes the history and basics of acoustics, as well as the physiology of hearing, and introduces the field of psychophysics, which gave rise to the now very popular psychoacoustics. The practical part includes a psychoacoustic experiment that investigates how people perceive sounds of communication applications. The procedure for planning the experiment, its execution, and finally the evaluation of the results are described. This work can be beneficial for anyone interested in psychoacoustics.

Obsah

1. Úvod	1
2. Akustika	2
2.1. Historie	2
2.2. Hlavní obory akustiky	3
2.3. Zvuk	3
2.4. Fyziologická akustika	5
2.4.1. Sluchový orgán	6
2.4.2. Vnější ucho	6
2.4.3. Střední ucho	7
2.4.4. Vnitřní ucho	7
2.4.5. Sluchový nerv	7
3. Psychofyzika	8
3.1. Historie	8
3.2. Měření	9
3.3. Vztahy	9
3.3.1. Vztahy S–R	10
3.3.2. Psychofyzilogické vztahy	10
3.3.3. Intrasubjektivní vztahy	11
3.4. Prahy vnímání	11
3.4.1. Absolutní práh	11
3.4.2. Relativní práh	11
3.5. Weberův zákon	11
3.6. Fechnerův zákon	12
3.7. Decibelové stupnice v akustice	12
3.8. Práh slyšení	13
3.9. Hluk a hygiena	14
4. Psychoakustika	15
4.1. Historie	15
4.2. Psychoakustické měření	15
4.3. Plánování experimentu	16
4.3.1. Formulace otázky	16
4.3.2. Výběr podnětů a osob	17
4.3.3. Výběr měřicí metody	18
4.3.4. Metody subjektivního posuzování	18

4.3.5.	Metoda párového srovnávání podnětů	18
5.	Vnímání mobilních notifikací člověkem	19
5.1.	Mobilní notifikace	19
5.2.	Příprava experimentu.....	19
5.2.1.	Stanovení výzkumných otázek	19
5.2.2.	Výběr zvukových podnětů pro experiment.....	20
5.2.3.	Normalizace hlasitosti zvuků	21
5.2.4.	Výběr osob pro experiment	22
5.2.5.	Výběr měřicí metody	22
5.2.6.	Příprava Dotazníku	23
5.2.7.	Příprava vybavení	24
5.3.	Vlastní notifikace.....	24
5.3.1.	Charakteristika zvuku	25
5.3.2.	Vybraný software pro vývoj zvuku	25
5.3.3.	Vývoj zvuku.....	25
5.4.	Průběh experimentu	27
5.5.	Práce s daty	28
5.5.1.	Transformace dat	28
5.5.2.	Vyhodnocení dat	30
5.5.3.	Vedlejší výzkumné zaměření	33
6.	Závěr.....	34
	Bibliografie	35
	Seznam obrázků a tabulek	36
	Přílohy	37

1. Úvod

V dnešní době jsou mobilní telefony a další mobilní zařízení pro mnoho lidí nedílnou součástí každodenního života. S nástupem mobilních technologií se objevily nové způsoby komunikace, zábavy a práce. Jednou z nejvýznamnějších funkcí mobilních zařízení jsou notifikace, které upozorňují uživatele na nové zprávy, události nebo jiné důležité informace.

Nicméně, spolu s rostoucím počtem notifikací, stoupá i jejich vliv na lidskou psychiku a produktivitu. Mobilní notifikace mohou být pro některé lidi velmi rušivé a mohou způsobovat stres a úzkost. Na druhé straně mohou notifikace pomoci lidem být efektivnější a lépe organizovat svůj čas.

Cílem této práce je zjistit, jak lidé vnímají zvuk mobilních notifikací formou psychoakustického experimentu.

Výsledky této bakalářské práce mohou poskytnout důležité poznatky pro lepší porozumění vlivu zvukových notifikací na lidské vnímání. Výsledky mohou mít praktické využití v návrhu a vývoji mobilních aplikací a zařízení s ohledem na pohodlí uživatelů.

2. Akustika

Akustika je široký vědní obor, který se opírá o vědecké disciplíny jako je fyzika, inženýrství, psychologie, hudba, architektura, neurověda a další. Zabývá se zvukem a jeho šířením v různých prostředích. (Rossing, 2007)

Při svém vzniku se akustika věnovala především příjemným a žádoucím zvukům. Dnes je však tento obor zaměřený zejména na zvuky nežádoucí, kterým říkáme hluk. Například v průmyslu pomocí akustických parametrů, specialisté monitorují technický stav strojů, protože kvalita chodu stroje úzce souvisí s jeho hlučností. Ale ne vždy se akustika zabývá nežádoucími zvuky. Architekti využívají tento obor k výstavbě akusticky vyvážených místností a sálů pro kvalitní přenos zvuku. Široce rozšířený sonar je používán jako podmořské navigační a detekční zařízení, který ke svému fungování používá zvukové vlny. Další velice využívanou technologií je ultrazvuk, který je využíván nejen v medicíně k vytváření obrazů tkání, ale také v inženýrské praxi, slouží k objevování trhlin a nehomogenit v materiálu. (Nový, 2019)

2.1. Historie

Je obecně předpokládáno, že studium akustiky má své kořeny ve starověkém Řecku, odkud pochází i slovo *akouein* (slyšet), ze kterého je název tohoto oboru odvozen. Avšak první člověk, který použil termín akustika v rámci vědy o zvuku byl Joseph Sauveur v roce 1701. Pythagoras již v 6. st. před naším letopočtem zkoumal vibraci strun a hudební zvuky. Objevil, že rozdělením vibrující struny na menší části můžeme vytvořit souzvučné hudební intervaly. Řekové si samozřejmě byli vědomi důležitosti akustiky při výstavbě jejich mnoha divadel, ale první, kdo psal o divadelní akustice a akustickém designu byl římský architekt Marcus Vitruvius Pollio v jeho *De architectura* (*Deset knih o architektuře*). (Rossing, 2007)

2.2. Hlavní obory akustiky

Akustika je velmi rozsáhlý vědní obor, který má mnoho podoborů v různých oblastech. Základními podobory akustiky jsou:

- **Fyzikální akustika** – Zkoumá širokou škálu zvukových jevů. Hlavním zaměřením je šíření zvuku v pevných látkách, kapalinách a plynech, a také způsob jeho šíření. (Rossing, 2007)
- **Fyziologická akustika** – Zabývá se způsobem zpracování zvukového signálu sluchovým orgánem, který skrze nervový systém působí sluchový vjem. (Jiříček, 2002)
- **Elektroakustika** – Tento vědní obor spojuje akustiku s elektronickými prvky a navazuje na její ostatní obory. (Škvor, 2001)
- **Prostorová akustika** – Cílem tohoto oboru je dosáhnout optimální akustické kvality prostorů. Např. dobrá srozumitelnost v přednáškovém sálu. (Jiříček, 2002)
- **Hudební akustika** – Dává odpověď na otázku, které fyzikální spojitosti mezi zvuky vytváří příjemný vjem pro člověka. Zabývá se souzvuky tónů, tvorbou tónů hudebními nástroji a také jejich laděním. (Jiříček, 2002)

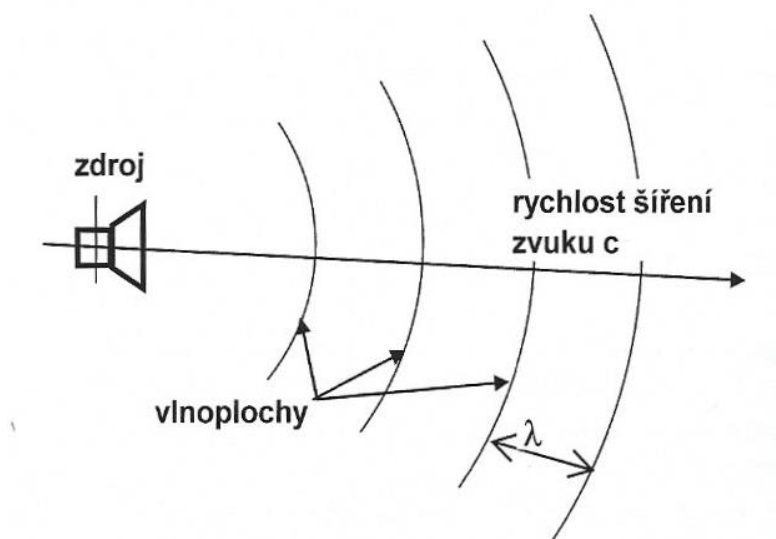
Kromě těchto základních podoborů stojí též za zmínku třeba stavební, lingvistická a také zdravotní akustika.

2.3. Zvuk

Zvuk je **mechanické kmitání** pružného prostředí s určitou frekvencí, které se šíří konečnou rychlostí. Může se šířit v plynech, kapalinách i v pevných látkách. Rychlost šíření zvuku v materiálu závisí na jeho hustotě a pružnosti, proto se zvuk šíří kapalnými a pevnými látkami mnohem rychleji. Např. ve vzduchu rychlostí cca 340 m/s a ve vodě cca 1440 m/s. (Nový, 2019)

Kmitání (vibrace nebo oscilace) vzniká pohybem tělesa v prostoru, které se následně ve formě akustického vlnění šíří prostředím a případně rozkmitává sluchový orgán, který toto kmitání pomocí nervové soustavy interpretuje jako sluchový vjem. (Franěk, 2005)

Je důležité zmínit, že kmitající částice se v prostředí nepohybují směrem šířícího se vlnění, ale kmitají kolem svých rovnovážných poloh, přenášejí energii na sousedící částice a vytvářejí tak řetězovou reakci v podobě výsledných tlakových akustických vln. Akustické vlnění postupuje prostředím od zdroje ve formě vlnoploch (Obrázek 1). Vlnoplocha se vyznačuje tím, že v každém bodě jedné vlnoplochy je v daném časovém okamžiku stejný akustický stav. (Nový, 2019)



Obrázek 1 – Šíření zvuku od zdroje ve formě vlnoploch (Nový, 2019)

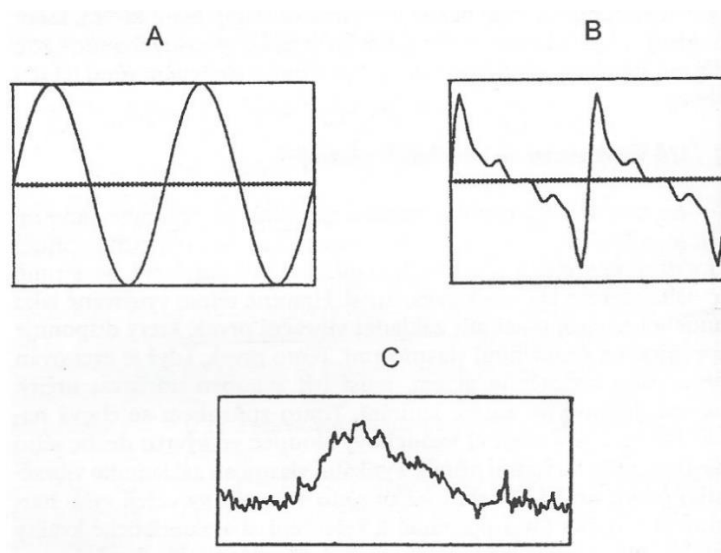
Kmitočet (frekvence) udává počet kmitů za sekundu, kmitající částice. Mezi frekvencí a dobou jednoho kmitu platí tento jednoduchý vztah:

$$f = \frac{1}{T}$$

Kde f je frekvence a T je doba jednoho kmitu. (Nový, 2019)

Slyšitelný zvuk neboli frekvenční rozsah lidského ucha, je kmitání o frekvenci 20 až 20 000 kmitů za sekundu. Zvuk, který má kmitočet nižší, než slyšitelný zvuk se nazývá infrazvuk a naopak ten, který má kmitočet vyšší, se nazývá ultrazvuk. (Nový, 2019)

Kmitání můžeme dále dělit na pravidelné a nepravidelné. V případě pravidelného kmitání mluvíme o tónu (Obrázek 2 A), u kterého můžeme pozorovat jeho stálou výšku (počet kmitů za sekundu). Nepravidelnému kmitání říkáme hluk (Obrázek 2 C), u kterého nemůžeme rozlišovat konkrétní výšku. I přes to lze nějakou výšku změřit, ale obvykle se bude jednat jen o shluk mnoha tónů. (Forró, 1994)



Obrázek 2 – Časový průběh sinusového tónu, složeného tónu a hluku (Franěk, 2005)

Ačkoliv máme kmitání rozděleno podle předchozí definice na tóny a hluk, v hudbě se tato hranice částečně stírá. Pokud má akustická křivka složitější průběh než u sinusového tónu (Obrázek 2 A), ale má stále periodický průběh, hovoříme o složeném neboli komplexním tónu (Obrázek 2 B). V hudbě se sinusové tóny prakticky téměř nevyskytují, jelikož hudební nástroje produkují složené tóny, které jsou však stále periodické a proto nejsou označovány jako hluk. (Franěk, 2005)

2.4. Fyziologická akustika

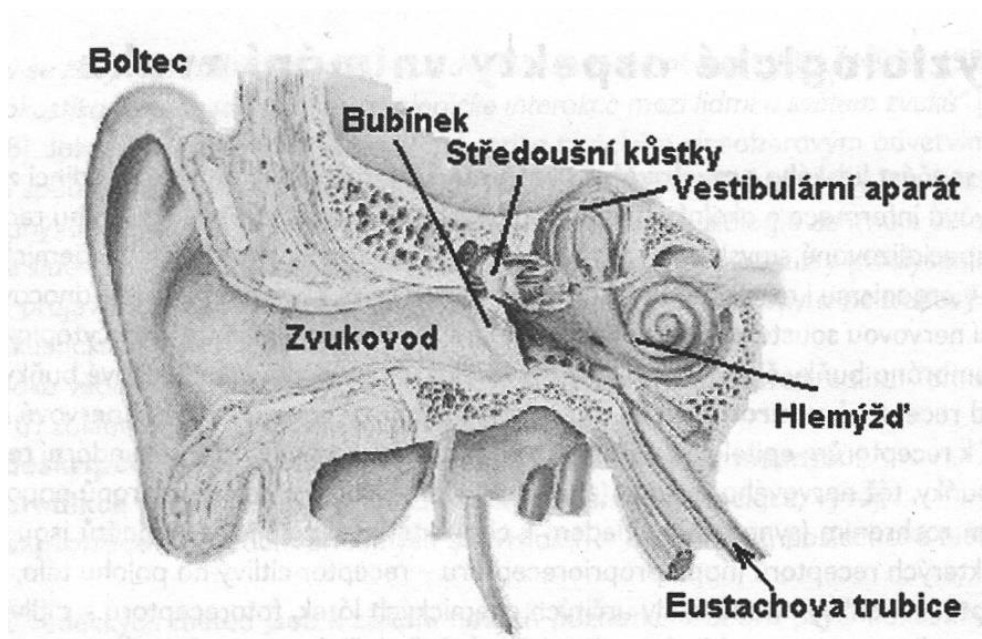
Fyziologická akustika je obor vědy, který se zabývá studiem způsobu, jakým sluchový orgán zpracovává zvukové signály, a jak se tyto signály proměňují na sluchové vnímání v mozku. Sluchový vjem je odrazem reálného zvuku ve vědomí člověka, avšak ne přesným odrazem, protože je ovlivňován různými subjektivními fyziologickými zákonitostmi (např. únavou a stresem). Tento obor se též zabývá lidským hlasem z akustického hlediska. V lékařství se fyziologická akustika zabývá především funkcí a poruchami sluchového ústojí. (Jiříček, 2002)

2.4.1. Sluchový orgán

Sluchový orgán je část lidského těla, která slouží k vnímání zvuku. Umístění našich sluchových orgánů po stranách hlavy nám umožňuje takzvané binaurální vnímání, díky kterému dokážeme lokalizovat směr z něhož zvuk přichází. Takto se dají vnímat zvuky s frekvencí cca od 500 Hz, ale nejefektivněji dokážeme lokalizovat zvuky okolo 5 kHz. Zvířata toto vnímání mají ještě zdokonaleno tím, že mají možnost hýbat ušima. U lidí tato schopnost již dávno zanikla a je nahrazena malými pohyby hlavy. Z anatomického hlediska se sluchový orgán dělí na tři části: vnější (zevní), střední a vnitřní ucho. (Jiríček, 2002)

2.4.2. Vnější ucho

Vnější ucho funguje jako mikrofon, který zachycuje okolní zvuky. Skládá se z **ušního boltece** a **zvukovodu**. Ušní boltec je viditelná část ucha, která se skládá z drobných záhybů a vroubkování. Tyto záhyby pomáhají k efektivnímu zachycení zvuku a slouží jako odrazové plochy, které zvuk modifikují a přibarvují. Následně zvuk postupuje zvukovodem, tubicí o průměru okolo 7 mm a délce 25 mm. Na konci zvukovodu se pak nachází **bubínek**, který je zvukovými vlnami rozkmitáván. (Franěk, 2005)



Obrázek 3 – Sluchový orgán (Otčenášek, 2008)

2.4.3. Střední ucho

Kmitání bubínku je dále upraveno pomocí **tří kůstek středního ucha** (kladívko, třmínek a kovadlinka), na kmitání s menší amplitudou. (Franěk, 2005)

Toto kmitání je následně přeneseno na **blánu okrouhlého okénka**, která odděluje střední ucho od vnitřního. Do středního ucha také ústí **Eustachova trubice**, která spojuje dutinu středního ucha s nosohltanem. V klidu je tato cesta uzavřená a otevírá se při polknutí. Ve středním uchu se také nachází dva důležité svaly: napínač bubínku a třmínkový sval. Tyto dva svaly se při překročení hranice hlasitosti zvuku cca 70 dB začnou stahovat a chrání tak sluchový orgán před hlukem. Tato reakce však má určitou latenci, přibližně 30 ms, proto nechrání sluchový orgán před impulsivním hlukem. (Jiríček, 2002)

2.4.4. Vnitřní ucho

Blána okrouhlého okénka, na kterou je přenášeno kmitání ze středního ucha je vstupem do **hlemýžďe**. Hlemýžď slouží k transformaci mechanického kmitání na nervové signály. Je to stočený útvar, vyplněný kapalinou obsahující vláskové buňky. Blána okrouhlého okénka rozkmitává kapalinu v hlemýždi a tím hýbe vláskovými buňkami, které vytvářejí nervové signály. (Franěk, 2005; Howard, 2009)

2.4.5. Sluchový nerv

Nervové signály vytvořené ve vnitřním uchu jsou registrovány nervovými zakončeními, které obklopují vláskové buňky a skrze **sluchový nerv** je přenáší do centrální nervové soustavy. Tento přenos informací z vnitřního ucha do mozku probíhá přibližně přes 30 000 vláken sluchového nervu. Vlákná se od sebe liší různou frekvenční odezvou, tímto způsobem se zachová a interpretuje frekvenční charakteristika zvuku ze zdroje. Nižší frekvence zvuku stimulují několik malých skupin vláken, ale na vyšší frekvence nejsou vlákna tolik selektivní, a proto jich je stimulováno mnohem více. (Fastl, 2007)

3. Psychofyzika

Psychofyzika je odvětvím psychologie, které dalo základ nejen Psychoakustice, ale také experimentální psychologii. Klasická psychofyzika se zabývala zkoumáním kvantitativních vztahů mezi fyzikálními podněty a jimi vyvolaným smyslovým počítky. Počitek v klasické psychofyzice je elementární, čistá reakce osoby na dráždění některého jejího smyslového orgánu. Počítky chápe jako základní prvky, které dávají dohromady komplexnější vjemy. Avšak s tímto dělením na počítky a vjemy moderní psychofyzika nesouhlasí. Moderní psychofyzika říká, že žádné čisté počítky neexistují, protože jsou vždy ovlivněny prostředím, pozdními účinky dřívějších vjemů, aktuálním zaměřením reagující osoby apod. Přiklání se k tzv. celostnímu pojetí vnímání, kde vjem není pouhou složeninou základních počitků, ale individuálním celostním prožitkem. (Melka, 2005)

3.1. Historie

Psychofyzika vznikla v 19. století v Německu. Za její zakladatele jsou považováni německý anatom a fyziolog Ernst Heinrich Weber (1795-1878) a německý fyzik a filozof Gustav Theodor Fechner (1801-1887). Kniha „Elemente der Psychophysik“ z roku 1860 od Fechnera je považována za velký pokrok na poli experimentální psychologie. Zmíněný spor mezi klasickou a moderní psychofyzikou sahá historicky až k filozofického rozdílu mezi Aristotelovou důvěrou v *smyslové vnímání světa jevů* a Platonovým preferováním *světa idejí, přístupného pouze myšlením*. Platonovo pojetí rozumu jako hlavního nástroje k poznávání pravdy a vnímání smyslového poznání jako zdroje pouze pomíjivého a nedokonalého je bližší tradičnímu inženýrskému přístupu ke skutečnosti, který důvěřuje především fyzikálně měřitelným veličinám. Naopak Aristotelova koncepce, zkoumání skutečnosti na základě smyslových vjemů osob a jejich výpovědích je blízká spíše psychologickému přístupu. Moderní psychofyzika vznikla až okolo 40. a 50. let 20. století s rozvojem teorie detekce signálu a novými přístupy k měření v psychologii. Velkou zásluhu na jejím vzniku měl Stanley Smith Stevens, který se zabýval měřením vjemů chápaných jako celostní prožitky a zkoumáním kvantitativních vztahů mezi psychologickými proměnnými a určitými jinými proměnnými. (Melka, 2005)

3.2. Měření

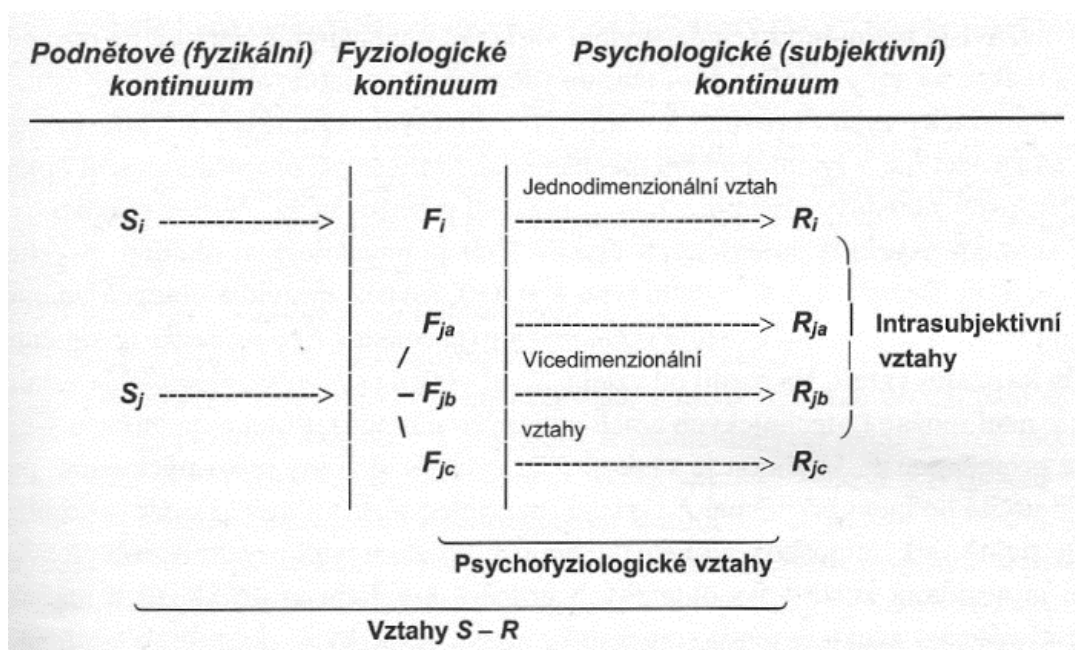
Měřit obecně můžeme různé **proměnné**, které nabývají určitých stavů. V psychologii proměnné říkáme vlastnost. Tato vlastnost může v různých vztazích a souvislostech nabývat různých hodnot. V přírodních vědách a v technice se častěji setkáváme s termínem veličina, u které se předpokládá, že ji lze vyjádřit **kvantitativně**. V psychologii se však musíme zabývat i vlastnostmi, jejichž hodnoty nelze kvantitativně nebo numericky zachytit. Takové vlastnosti nazýváme **kvalitativní**. Jako příklad můžeme uvést třeba rodinný stav, pohlaví apod. Psychofyzika (klasická i moderní) se zabývá pouze studiem **kvalitativních** proměnných. (Melka, 2005)

3.3. Vztahy

V moderní psychofyzice se sledují vztahy trojího druhu:

- Vztahy S–R
- Psychofyziologické vztahy
- Intersubjektivní vztahy

U těchto vztahů sledujeme proměnné v třech různých vrstvách (Obrázek 4), a to v **podnětové** (fyzikální), **fyziologické** a **psychologické** (subjektivní). Podnětová proměnná značená S (anglicky stimulus) může být třeba kmitočet akustického signálu měřený v hertzech. Fyziologická proměnná F, může být v našem příkladu maximální vzdálenost vychýlení bazilární membrány v hlemýždi vnitřního ucha v milimetrech. Psychologická proměnná je značená písmenem R (anglicky response) a může to být třeba vnímaná subjektivní výška tónu v jednotce „mel“. Ve skutečnosti však tyto vztahy nefungují tak snadno jako v předchozím příkladu. Situace je složitější v tom, že pokud navýšíme například kmitočet u akustického signálu S, tak se změní nejen vnímaná subjektivní výška tónu R_{ja} , ale třeba i jeho hlasitost R_{jb} a ostrost R_{jc} . To znamená, že pokud se změnila podnětová proměnná, způsobila změnu tří různých psychologických proměnných a pokud byla testovaná osoba schopna tuto změnu zaznamenat, tak se udála nikoliv v jednorozměrném, ale v trojrozměrném psychologickém kontinuu. Znamená to, že vnímání může být vícerozměrné neboli multidimenzionální. (Melka, 2005)



Obrázek 4 – Sledované vztahy v moderní psychologii (Melka, 2005)

3.3.1. Vztahy S–R

Vztahy S–R (stimulus – response, anglicky) byly hlavním zájmem klasické psychofyziky. Předpokládáme, že změny podnětové proměnné S jsou příčinou změn psychologické proměnné R . To znamená, že Podnět S je nezávislou proměnnou a psychologická reakce R je na něj proměnnou závislou. To lze vyjádřit rovnicí:

$$R = f(S)$$

Při zkoumání tohoto vztahu nemusíme vědět nic o fyziologickém mechanismu, který vnímání umožňuje. Smyslový orgán je tedy považován v tomto kontextu za tzv. „černou skříňku“. (Melka, 2005)

3.3.2. Psychofyzilogické vztahy

Stejně jako u vztahů S–R, i u psychofyzilogických vztahů předpokládáme, že zde existuje vztah příčiny (F) a následku (R):

$$R = f(F)$$

Na rozdíl od vztahů S–R, nemůžeme s fyziologickou proměnnou F přímo manipulovat, ať už z technických nebo etických důvodů. Je však možné vytvořit skupiny osob, které mají určitou proměnnou F společnou (stejně věkové skupiny, skupiny se stejným poškozením

sluchu apod.) Pro zkoumání těchto vztahů je nutné znát fyziologické procesy, které se na pozadí dějí. (Melka, 2005)

3.3.3. Intr subjektivní vztahy

Intr subjektivní vztahy jsou vzájemné vztahy mezi různými psychologickými proměnnými bez ohledu na to, jaké podnětové a fyziologické proměnné je vyvolaly. Tento vztach lze vyjádřit následovně:

$$R_i = f(R_j)$$

U těchto vztahů nás nezajímá až tak problém kauzality, ale spíše těsnost vztahu mezi vyšetřovanými proměnnými, zda a jak spolu silně souvisí. (Melka, 2005)

3.4. Prahy vnímání

Klasická psychofyzika taktéž zkoumala podnětové pra hy vnímání a rozděluje je na pra hy absolutní a relativní.

3.4.1. Absolutní práh

Absolutní práh je nejmenší velikost podnětu, která stále vyvolá vjem. Tato velikost však není stálá a při opakováním měření se může měnit. Proto se hodnota absolutního prahu určuje statisticky, z výsledků většího počtu měření. Je tedy stanovená hodnota $S_{0,5}$, při které je šance 50 %, že podnět vjem vyvolá. Hodnoty nižší než $S_{0,5}$ jsou podprahové podněty a hodnoty vyšší jsou nadprahové podněty. (Melka, 2005)

3.4.2. Relativní práh

Rozdílový neboli relativní práh podnětu je nejmenší přírůstek podnětu, který bude stále vnímán jako větší nebo případně menší (nejmenší postřehnutelný rozdíl). (Melka, 2005)

3.5. Weberův zákon

Rozdílovému prahu má velice blízko nejstarší poučka klasické psychofyziky, a tou je **Weberův zákon** (1834). Ernst Heinrich Weber si všiml, že k tomu abychom byli schopni postřehnout změnu velikosti (intenzitu) nějakého podnětu, musí být velikost podnětu zvýšena o přírůstek, který je přímo úměrný původní velikosti podnětu. Na základě tohoto tvrzení sepsal tuto rovnici

$$\Delta S = kS \quad \text{alternativně} \quad \frac{\Delta S}{S} = k$$

Kde ΔS je právě postřehnutelný rozdíl velikosti podnětu, S je velikost podnětu a k je konstanta vztahující se k vyšetřované osobě a ostatním podmínkám experimentu. Konstantě k říkáme také **Weberův poměr**. Je to tedy poměr mezi původní velikostí podnětu a přírůstkem, který bude už postřehnutelný. Weber jeho velikost experimentálně určil pro různé druhy smyslového vnímání. Pro rozpoznání váhy v ruce zjistil rozsah 1/30 až 1/40, pro zrakové rozpoznání změny délky úsečky okolo 1/100 nebo tlak na kůži v rozsahu 1/10 až 1/30. Uvedeme si příklad na rozsahu poměru 1/30 až 1/40 pro rozpoznání váhy drženého předmětu v ruce. Řekneme, že máme v ruce závaží, které váží 200 g, aby tedy byl přírůstek váhy postřehnutelný museli bychom váhu drženého předmětu zvýšit minimálně o 5 až 6,7 g. (Melka, 2005)

3.6. Fechnerův zákon

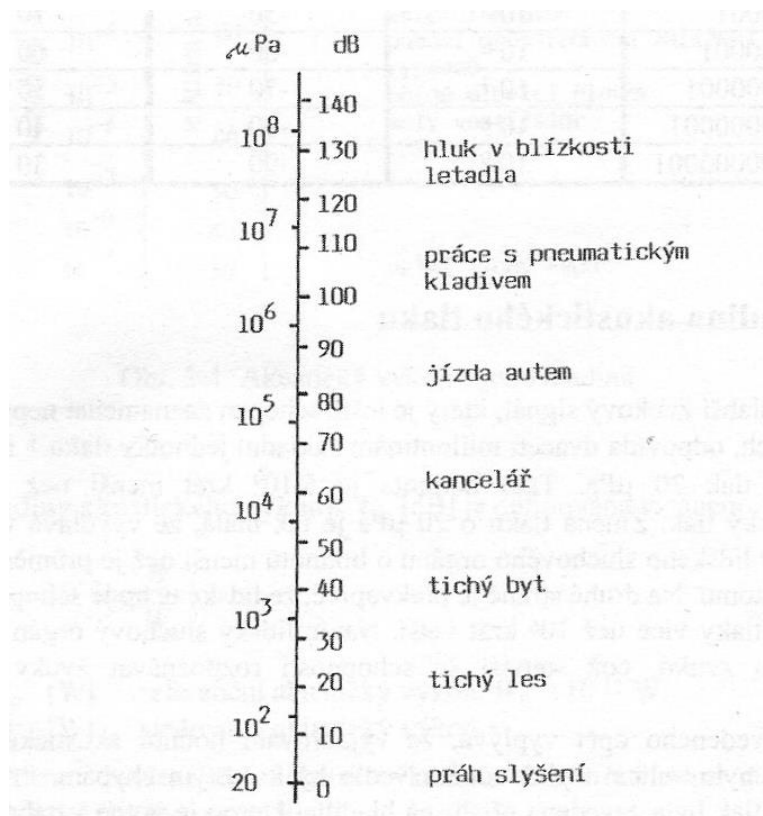
Fechnerův zákon nebo také **Weberův-Fechnerův** zákon je prvním zákonem, který vyjadřuje vztah mezi subjektivní a podnětovou proměnnou. Matematicky ho odvodil Gustav Theodor Fechner z Weberova zákona. (Melka, 2005)

$$R = c \log S + a$$

R je velikost vjemu, c a a jsou konstanty a S je velikost podnětu. Tento zákon nám tedy říká, že přírůstek velikosti vjemu je úměrný relativní změně podnětu. Přesněji, že velikost vjemu je úměrná logaritmu velikosti podnětu. Proto je tento zákon jedním z důvodů užívání hladinového vyjadřování různých akustických veličin jako, akustický tlak, výkon a intenzita zvuku. (Jiříček, 2002)

3.7. Decibelové stupnice v akustice

Hladinové vyjadřování v akustice je realizováno pomocí decibelové stupnice. Jednotkou této stupnice je „decibel“ [dB]. Hodnota na decibelové stupnici je tedy třeba v případě akustického tlaku, stanovená hladina k reálné hodnotě akustického tlaku. Nejtišší slyšitelné zvuky pro lidské ucho mají akustický tlak okolo 10^{-5} Pa, a třeba hluk v blízkosti letadla může mít hodnotu akustického tlaku až v řádu desítek milionů. Vhodnost tohoto zápisu můžeme vidět na následujícím obrázku hladin akustického tlaku. (Jiříček, 2002)

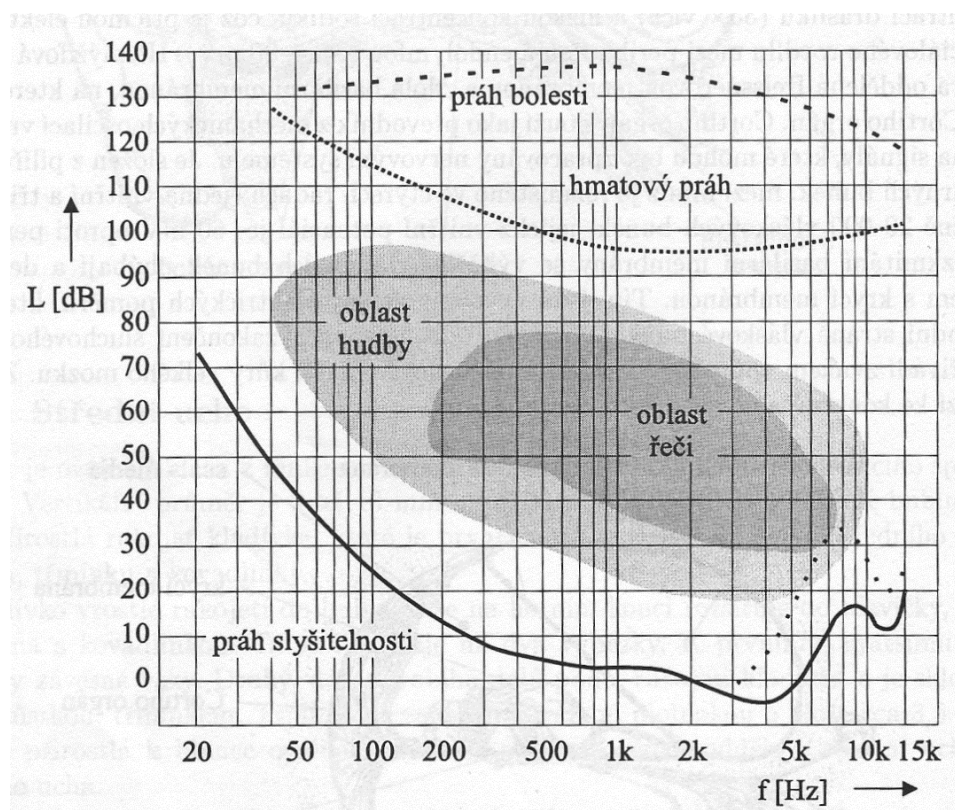


Obrázek 5 – Hladiny akustického tlaku (Nový, 2019)

Hodnoty v levém sloupci jsou skutečným akustickým tlakem naměřeným v daném prostředí v jednotce mikropascal [μPa] a hodnoty v pravém sloupci jsou stanovené hladiny k daným hodnotám akustického tlaku v decibelech [dB].

3.8. Práh slyšení

U sluchového vnímání se absolutní práh nazývá práh slyšení. Je to minimální hladina zvuku, kterou je lidské ucho ještě schopno zachytit. Tato hladina se může lišit u každého jedince v závislosti na věku, poškození ucha, nadměrné expozici hluku a dalších faktorech. Práh slyšení je tedy hladina zvuku, při které je zvuk zaznamenán alespoň 50 % času. Jelikož poškození sluchu a věk výrazně ovlivňuje práh slyšení, byly mezinárodně standardizovány tzv. **standardní prahy slyšení**. Tyto prahy byly zjišťovány u osob ve věku 18 až 25 let. (Melka, 2005)



Obrázek 6 – Sluchové pole (Jiříček, 2002)

Na obrázku můžeme vidět práh slyšitelnosti při všech slyšitelných frekvencích. Lidské ucho je výrazně citlivější na frekvence okolo 4 kHz, kde se nachází i oblast řeči, tedy takové frekvence vyvolávané lidským hlasem. Okolo 140 dB se nachází práh bolesti, při kterém relativně rychle dochází k trvalému poškození sluchu. (Jiříček, 2002)

3.9. Hluk a hygiena

Hluk je takový zvuk, který vyvolává nepříjemné pocity nebo škodí lidskému uchu. Hluk u člověka může vyvolávat spoustu negativních emocí jako zlost, nespokojenost, úzkost, rozrušenost. Tyto negativní emoce spolu s rušením spánku mohou vést k chronickému stresu, to vede k zvýšení krevního tlaku, tepu a zúžení cév. U citlivějších lidí může dlouhodobá expozice vést i ke vzniku různých onemocnění. Příliš vysoký hluk může také trvale poškodit sluchové ústrojí. Pokud se chceme před hlukem chránit je důležité zejména vyvarovat se dlouhému pobytu v příliš hlučném prostředí, zajímat se o hlučnost elektronicky zesíleného zvuku, hlavně při poslechu hudby, televize nebo rádia, a nevykonávat hlučné činnosti v malém prostoru. (Zdravotní účinky hluku; Ochrana zdraví před hlukem)

4. Psychoakustika

Obecně se uvádí že psychoakustika se zabývá sluchovým vnímáním nejen lidí, ale též zvířat. Jinými slovy je psychoakustika psychofyzikální studium akustiky. Je přímo založená na základech psychofyziky, ale omezuje své pole zkoumání pouze na zvuky a sluchové vnímání. Zkoumá tedy hlavně vztahy mezi fyzikálními vlastnostmi zvukových podnětů a charakteristikou vyvolaných subjektivních vjemů. (Yost, 2015)

4.1. Historie

Jak již bylo řečeno v kapitole o akustice, již ve starověkém Řecku započal výzkum zvuku produkováný hudebními nástroji. Zasloužil se o něj Pythagoras a jeho učenci. Zkoumali fyzikální a matematické základy hudebních stupnic a souznění tónů. Aristoteles kolem roku 350 př. n. l. byl prvním, kdo navrhl, že zvuk je nesen pohybem částic ve vzduchu. Leonardo da Vinci na to navázal v 15. století tím, že se zvuk šíří v podobě vln. Vztah mezi frekvencí vibrací částic a výškou zvuku byl však potvrzen až v 17. století Robertem Hookem. Prvním náznakem psychoakustiky jak ji známe dnes je kniha „Nauka o vnímání zvuků jako fyziologický základ pro teorii hudby“ z roku 1863 od Hermanna von Helmholtze. Tato kniha umožnila vznik mnoha dalším studiím sluchového vnímání a odstartovala systematický přístup k výzkumu a k shromažďování psychofyzických dat. Za největším přínosem do psychoakustiky, který v historii neměl žádné obdoby stojí Harvey Fletcher a jeho výzkumný tým v Bell Laboratories kolem let 1920 až 1960. Mezi tyto přínosy patří měření prahů sluchového vnímání, které dalo vzniku modernímu audiogramu, tzv. standardu pro hodnocení ztráty sluchu, maskování tónů, jak jinými tóny, tak i šumem, problematika kritického pásma, stupnice hlasitosti a další. (Yost, 2015)

4.2. Psychoakustické měření

Základním cílem psychoakustického měření je poznat a interpretovat realitu, k čemuž jsou určeny tři základní typy výzkumů:

- **Deskriptivní** – získávání dat, popisování, kategorizování, pozorování a mapování
- **Prediktivní** – zkoumání vztahů mezi jevy, korelační výzkumy
- **Explanační** – vysvětlování souvislostí experimentu, poslechové testy

Na základě těchto typů výzkumu jsou k získávání nových poznatků v psychoakustice využívány tyto základní metody:

- **Observační** – Tato metoda se nejčastěji používá na popisování dosud neznámých jevů za pomoci nových postupů. Jevy se zkoumají přesně tak jak skutečně probíhají s tím, že se do nich nijak nezasahuje.
- **Explorační** – V této metodě jsou jevy zkoumány na základě „stop“, tedy tím, co na člověku zanechají. Zkoumané osoby jsou dotazovány v rozhovorech, dotaznících nebo v poslechových testech.
- **Experimentální** – Experimenty jsou vedeny tak, že sledované jevy jsou cíleně ovlivňovány na základě predikcí. Zachycují se reakce osob na změny. Experimenty jsou v psychoakustice nezbytné pro potvrzování hypotéz.

Základem všech měřících metod je získat subjektivní výpovědi o zkoumaném jevu, rozdělit tyto výpovědi do množin, množiny označit hodnotami a statisticky zpracovat získaná data. (Otčenášek, 2008)

4.3. Plánování experimentu

Při plánování experimentu je na prvním místě vždy formulace otázky, na kterou by měl experiment odpovědět.

4.3.1. Formulace otázky

Formulování otázky by mělo být založeno na racionálním rozboru tematiky a na základě předešle dosažených výsledků. Je důležité promyslet jaké parametry podnětů, které budou měněny a šíři reakcí jakou budou pokusné osoby mít.

Otázky v experimentu mohou být zaměřeny na následující oblasti:

- **Na podněty** – zkoumají se rozdíly mezi měnícími se podněty podle reakcí osob
- **Na vjemy** – zkoumají se rozdíly v reakcích osob na měnící se podněty
- **Na pokusné osoby** – zkoumá se rozdílné vnímání stejného podnětu různými osobami

Z formulované otázky poté zjistíme, jakou měřicí metodu bude vhodné vybrat, jak postupovat při experimentu, ale také jak statisticky zpracovat změřená data. (Otčenášek, 2008)

4.3.2. Výběr podnětů a osob

Výběrový soubor osob a podnětů skládáme ze základního souboru. Vybíráme omezené množství podnětů na základě otázky. Výběr osob ze základního souboru (populace) je omezený jak finančně, tak časově, a proto se experimenty provádějí s relativně malými skupinami osob.

Výběrové soubory lze vytvářet následovně (osob i podnětů):

- **Náhodně se stejnou pravděpodobností** – Každý prvek ze základního souboru má stejnou šanci na výběr.
- **Náhodně s různou pravděpodobností** – Některé členy vybíráme podle určitých znaků, aby se zaručila podobná struktura jako v základním souboru. Zbytek vybíráme náhodně.
- **Záměrně** – Je předem určené omezení, které udává, jaké prvky ze základního souboru se do výběru nemohou dostat. Zbytek se vybírá náhodně. Tento způsob může být zdrojem kritických chyb.
- **Samovýběrem** – Speciální případ záměrného výběru, kdy se člověk k poslechovému testu přihlásí sám.
- **Experimentálně** – Experimentální přístup zahrnuje předtest, který určí, jestli vybrané prvky budou dobře reprezentovat základní soubor. Předtest může mít podobu dotazníku nebo diagnostického testu.

Pokusné osoby by se měly vybírat na základě jejich schopnosti uvažovat a soustředit se, je též důležité, aby nepodléhaly prvnímu dojmu. Nejdůležitějším kritériem je kladná motivace a nezávislost na názoru experimentátora. **Podněty** se vybírají tak, aby rovnoměrně pokrývaly oblast sledovaného jevu. Pro všechny osoby chceme mít totožnou prezentaci podnětů, proto se využívá především záznam zvuku (digitální či analogový), který nám umožní prezentovat totožné zvuky všem pokusným osobám. Pokud nezáleží na místě poslechu lze všem pokusným osobám prezentovat současně prezentovat i „živé“ zvuky. (Otčenášek, 2008)

4.3.3. Výběr měřicí metody

Dalším velmi důležitým krokem je vybrat správnou metodu pro měření výsledků našeho experimentu. Při výběru metody musíme brát v potaz hlavně počet podnětů, které budeme testovat, čas, který máme pro experiment vymezený a počet pokusných osob. (Otčenášek, 2008; Melka, 2005)

4.3.4. Metody subjektivního posuzování

U tohoto typu metod se pokusné osobě prezentuje nějaký jev, která ho subjektivně hodnotí pomocí dané škály. Škály mohou nabývat různých podob, např. číselné hodnocení od 1 do 5, hodnocení zaškrtnutím bodu na úsečce se slovním popisem krajních bodů, nebo třeba zaškrťováním ano / ne u předvybraných vlastností jevu. Předností těchto metod je možnost testování velkého množství podnětů, které mohou být i velmi komplexní. (Otčenášek, 2008; Melka, 2005)

4.3.5. Metoda párového srovnávání podnětů

Metoda je založena na postupném srovnávání všech podnětů v předem daných párech, kdy pokusná osoba označuje vždy jeden podnět z daného páru, u kterého se studovaná vlastnost vyskytuje více, např. je hlasitější, ostřejší, vyšší. Velkou nevýhodou této metody je velká časová náročnost na poslechové testy s velkým počtem podnětů, u kterých pokusné osoby často ztrácí trpělivost. (Otčenášek, 2008; Melka, 2005)

5. Vnímání mobilních notifikací člověkem

Následuje praktická část této práce, ve které provedu vlastní výzkum na toto téma v rámci psychoakustického experimentu. Z pohledu moderní psychofyziky půjde o sledování vztahů $S - R$.

5.1. Mobilní notifikace

Mobilní notifikace můžou mít podobu vyskakovacího okna, zvukového upozornění nebo třeba blikající ikony, v této práci se však zabývám čistě zvukovým upozorněním a vyvolaným dojmem z něho. Notifikace mohou být velice užitečné, jelikož umožňují okamžité informování o e-mailech, zprávách či událostech. Mohou, ale také uživatele rušit a snižovat jeho produktivitu a soustředěnost. Uživatel může v některých případech okamžitě reagovat na příchozí notifikaci a v jiných případech notifikaci kompletně ignorovat. Vysoce záleží na důležitosti notifikace pro daného člověka v onom okamžiku. V rámci práce se chci pokusit zjistit, jak zvuk notifikace působí na člověka. Rozhodl jsem se na tuto otázku odpovědět pomocí experimentu. (Shirazi, 2014)

5.2. Příprava experimentu

V této části práce bude popsán postup přípravy experimentu. Hlavním cílem experimentu bylo zjistit, jakým dojmem působí zvuk mobilní notifikace na lidi. Na základě toho budou stanoveny výzkumné otázky, vybrány zvukové podněty, osoby a správná měřicí metoda.

5.2.1. Stanovení výzkumných otázek

Hlavní zaměření výzkumu je vnímání zvuku mobilních notifikací člověkem. Na základě publikace Large-Scale Assessment of Mobile Notifications, ve které bylo zjištěno, že si uživatelé velice váží především notifikací z komunikačních aplikací, jsem se rozhodl, že budu testovat především komunikační aplikace, abych zjistil, jak budou testované osoby vnímat jejich zvuk. Dalším zaměřením je vývoj mobilních notifikací a zdali je znatelný a novější notifikace jsou lépe navrženy, tak aby byly vnímány jako příjemnější. Dále jestli populárnější aplikace mají příjemnější notifikace, a v neposlední řadě jaký dojem bude vyvolávat zcela neznámá notifikace. Na základě toho jsem stanovil tyto výzkumné otázky:

- Jakým dojmem působí obecně mobilní notifikace na člověka?
- Mají populárnější aplikace příjemnější notifikace?
- Jsou novější mobilní notifikace příjemnější pro člověka?
- Jak na člověka působí neznámá notifikace?
- Co je charakteristické pro příjemnější zvuky?

Na stanovené výzkumné otázky se pokusím odpovědět pomocí dat získaných z experimentu.

5.2.2. Výběr zvukových podnětů pro experiment

Podněty jsem vybral tak aby, co nejlépe pokryly zkoumanou problematiku. Výběr podnětů nebyl náhodný, měl určitá omezení tak, aby lépe reprezentoval základní soubor. Vybral jsem do experimentu převážně notifikace nejpoblárnějších komunikačních aplikací na trhu. Snažím se, ale odpovědět i na otázku, zdali jsou novější notifikace vnímány jako příjemnější, tudíž jsem do zvukových podnětů zahrnul i starší notifikace už méně populárních aplikací. Vybral jsem notifikace následujících mobilních aplikací:

- **WhatsApp** – Nejpoblárnější komunikační aplikace v Česku podle počtu stažení na Google Play.
- **Messenger** – Messenger od firmy Meta Platforms je jednou z nejpoblárnějších komunikačních chatovacích aplikací na světě.
- **Telegram** – Velice populární aplikace pro komunikaci s důrazem na bezpečnost a soukromí uživatelů.
- **Snapchat** – Chatovací aplikace populární zejména mezi mladými lidmi. Nabízí unikátní formu komunikace v podobě krátkých mizících snímků.
- **Discord** – Komunikační aplikace, populární hlavně mezi hráči videoher, unikátní hlavně možností založení svých komunikačních serverů a jejich propracovanou správou.
- **Viber** – Populární aplikace na komunikaci. Umožňuje posílání objemných souborů a zaměřuje se na bezpečnost.

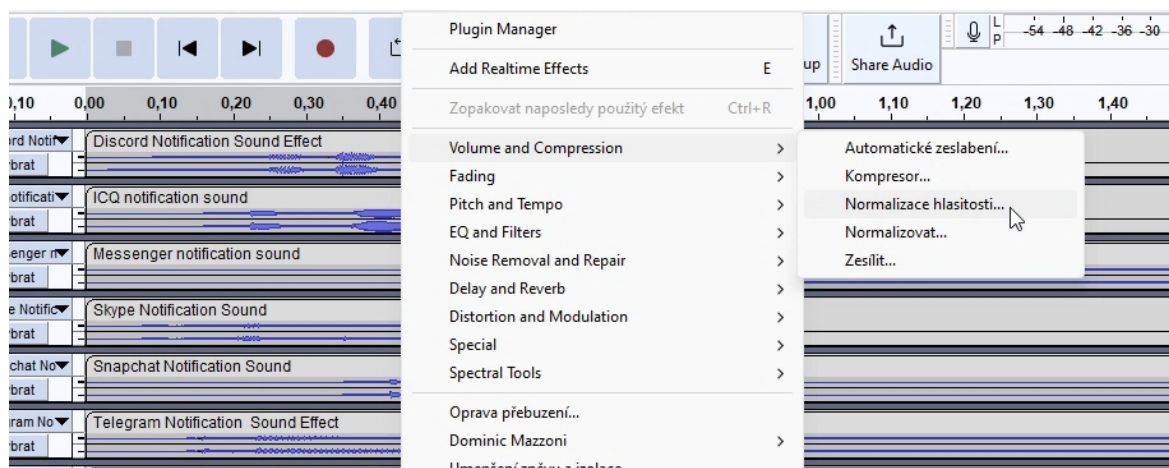
- **Twitter** – Twitter je sociální síť, která umožňuje uživatelům zveřejňovat krátké zprávy. Je populární mezi novináři, politiky a celebritami.
- **Skype** – Komunikační program od firmy Microsoft, který byl průkopníkem v oblasti videohovorů, který již není tak populární a je nahrazen programem Microsoft Teams.
- **ICQ** – ICQ je komunikační program, dnes už i mobilní aplikace, který byl jedním z nejpobulárnějších komunikačních programů na začátku 21. století. Dnes se stále používá, ale je velmi zastíněn novou konkurencí.
- **AOL Instant Messenger** – Populární komunikační aplikace v 90. letech a na začátku 21. století. AIM bylo ukončeno v roce 2017 a již není k dispozici.

V rámci experimentu jsem chtěl též zjistit, který z nejpobulárnějších mobilních výrobců má nejlépe navržené notifikace, proto jsem do experimentu zahrnul i notifikace následujících mobilních výrobců: **Samsung, Apple, Xiaomi**.

Je zapotřebí, aby při poslechovém testu všechny osoby měly nastavenou hlasitost podle jejich komfortu. Aby pro ně podněty nebyly příliš hlasité a dráždivé, ale stejně tak, aby nebyly příliš tiché a neslyšitelné. Proto jsem vybral klasickou skladbu **Suite No. 1 in G major** od Johanna Sebastiana Bacha, která bude sloužit pro kalibraci hlasitosti před poslechovými testy. Testované osoby si budou moci nastavit hlasitost tak, aby skladbu slyšely dostatečně hlasitě a zřetelně. Tato skladba mi přišla v tomto ohledu vhodná, jelikož si testovaná osoba může nastavit hlasitost tak, aby zřetelně slyšela všechny detaily a nuance zvuku hudebního nástroje. S nastavenou komfortní hlasitostí následně osoby absolvují všechny poslechové části.

5.2.3. Normalizace hlasitosti zvuků

Zvukové podněty jsem získal z různých zdrojů na YouTube, tudíž měly různé hladiny hlasitosti. Použil jsem tedy bezplatný software Audacity pro nahrávání a úpravu zvuku a pomocí funkce Normalizace hlasitosti jsem upravil hlasitost všech zvukových podnětů na stejnou hladinu, aby jejich hlasitost byla konzistentní, a aby některé ze zvuků nebyly vnímány jako nepříjemné jen na základě vyšší hlasitosti oproti ostatním podnětům.



Obrázek 7 – Funkce Normalizace hlasitosti v Audacity

5.2.4. Výběr osob pro experiment

Je vhodné, aby testované osoby neznali názor experimentátora na testovanou problematiku, aby jejich rozhodování nebylo při poslechu ovlivněno a výsledky nebyly zkreslené. Předpokládám, že s vybranými aplikacemi budou seznámeni především mladší lidé. Na základě těchto informací jsem se rozhodl výběrový soubor náhodně naplnit, studenty UHK. Cílem bylo vybrat alespoň 15 osob.

5.2.5. Výběr měřící metody

Ve výběrovém souboru podnětů bylo relativně velké množství zvuků, proto jsem se rozhodl využít **metodu subjektivního posuzování** se stanovenou škálou, která mi dovolí otestovat všechny tyto podněty za krátký čas. Pro vyjádření subjektivního dojmu z podnětu jsem použil Likertovu škálu. Odpovědi tedy můžou být následující: nepříjemné, spíš nepříjemné, neutrální, spíš příjemné, příjemné.

Jelikož jsem chtěl otestovat, i který mobilní výrobce má nejpříjemněji vnímanou notifikaci a v tomto výběrovém souboru byly pouze tři zvuky, bylo na místě pro tyto podněty použít **metodu párového srovnávání**, která s třemi podněty nezabere tolik času.

5.2.6. Příprava Dotazníku

Experiment jsem chtěl provést prezenční formou, protože tak nejlépe zajistím stejné podmínky poslechu pro všechny osoby. Proto jsem si pro každou osobu připravil dotazník s uzavřenými odpověďmi v papírové formě. Pro prvních jedenáct podnětů hodnocených metodou subjektivního posuzování jsem měl dotazy připravené v této formě:

Poslechový test 1)			Jak na vás působí tento zvuk?	
Nepříjemně	Spíš nepříjemně	Neutrálně	Spíš příjemně	Příjemně

Poslechový test 2)			Jak na vás působí tento zvuk?	
Nepříjemně	Spíš nepříjemně	Neutrálně	Spíš příjemně	Příjemně

Obrázek 8 – Forma dotazů pro poslechové testy

Pro podněty posuzované metodou párového srovnávání jsem dotazy připravil tak, aby každý podnět byl porovnán s každým. V tomto případě se jedná pouze o 3 porovnávací testy, ale při výběru více podnětů by počet potřebných testů rapidně rostl.

Porovnávací test 1)		Vyberte příjemnější zvuk	
Zvuk 1		Zvuk 2	

Porovnávací test 2)		Vyberte příjemnější zvuk	
Zvuk 2		Zvuk 3	

Porovnávací test 3)		Vyberte příjemnější zvuk	
Zvuk 3		Zvuk 1	

Obrázek 9 – Forma dotazů pro porovnávací testy

V neposlední řadě jsem se ptal na tři doplňující otázky, a pomocí zjištěných dat se v závěrečném vyhodnocení případně pokusím přijít na korelace s hodnocením podnětů.

Jaký mobilní telefon používáte?

iPhone	Samsung	Xiaomi	Jiný

Používáte telefon v režimu se zapnutými zvuky?

Ano pořád	Ano občas	Nikdy

Které z těchto aplikací používáte?

Telegram	Snapchat	Viber	WhatsApp	Messenger	Twitter	Discord	Skype	ICQ

Obrázek 10 – Doplňující otázky v dotazníku

5.2.7. Příprava vybavení

Jako přehrávací médium zvukových podnětů sloužil můj mobilní telefon. Zvukové podněty jsem si do něj nahrál ve formátu .mp3. Abych zajistil konzistentní podmínky pro poslech podnětů, rozhodl jsem se je přehrávat pomocí sluchátek, které částečně eliminují hluk a jiné zvuky z okolí, které by mohly ovlivňovat průběh experimentu.

Sluchátka jsem zvolil KOSS Porta Pro. Tyto sluchátka jsem zvolil pro jejich výborný frekvenční rozsah přehrávaného zvuku 15 – 25 000 Hz, dobrý komfort při nošení, open back design, který umožňuje přirozenější poslech zvuku, a také proto, že jsou to sluchátka, která se nosí přes hlavu, což je pro testování vhodné z hygienických důvodů. Špuntová sluchátka, která se musí zasunout do ucha by pro tento test byla velice nevhodná.

5.3. Vlastní notifikace

Jednou z výzkumných otázek bylo, jak lidé budou reagovat na neznámou notifikaci. Abych zajistil, že bude opravdu pro člověka neznámá, tak jsem pro tento experiment vyvinul vlastní zvuk, který se podobá ostatním notifikacím ve výběrovém souboru.

5.3.1. Charakteristika zvuku

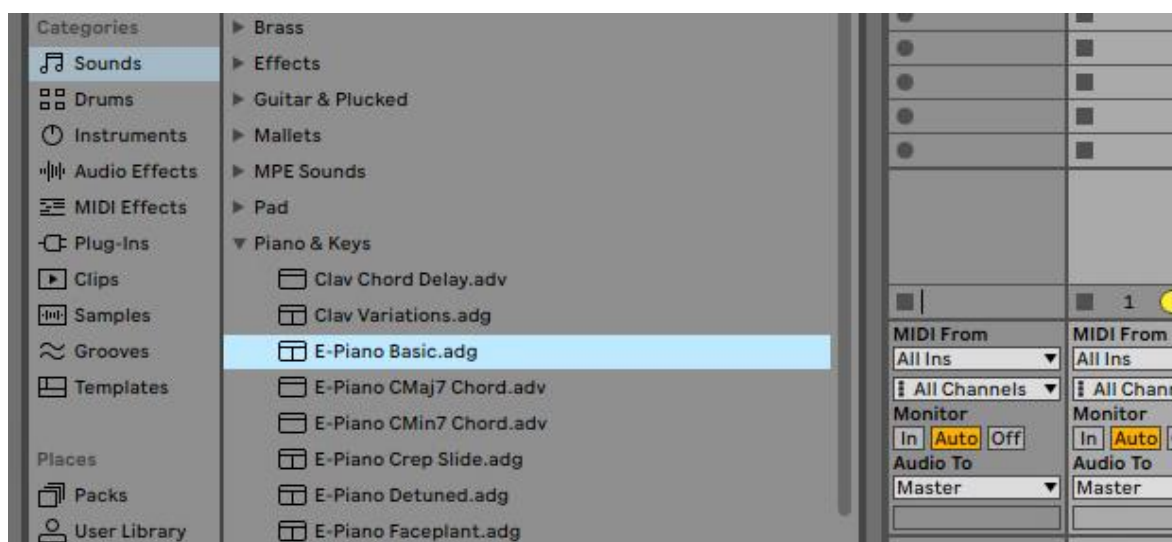
Chtěl jsem, aby se zvuk co nejvíce podobal ostatním notifikacím ve výběrovém souboru, proto jsem se při jeho vývoji u nich inspiroval. Při pozorování charakteristiky ostatních zvuků, jsem zjistil společné vlastnosti. Většina novějších notifikací je velice krátký, výrazný a úderný zvuk s lehkou ozvěnou. Tyto vlastnosti jsem se snažil replikovat i u mého zvuku.

5.3.2. Vybraný software pro vývoj zvuku

Pro vývoj zvuku jsem použil digitální audio workstation (DAW) Ableton Live 11 Lite. Je to software určený pro záznam, aranžování, mixování a produkci hudby. Pro účely vývoje zvuku pro tento experiment je tento software až zbytečně komplexní, ale jelikož s ním už delší dobu pracuji a alternativu nemám rozhodl jsem se ho přesto využít.

5.3.3. Vývoj zvuku

Většina ostatních notifikací zní jako syntetický zvuk, proto jsem pro svůj zvuk použil předpřipravený preset z kategorie piano zvuků se jménem e-piano basic. Název tedy naznačuje že jde o elektronické piano.



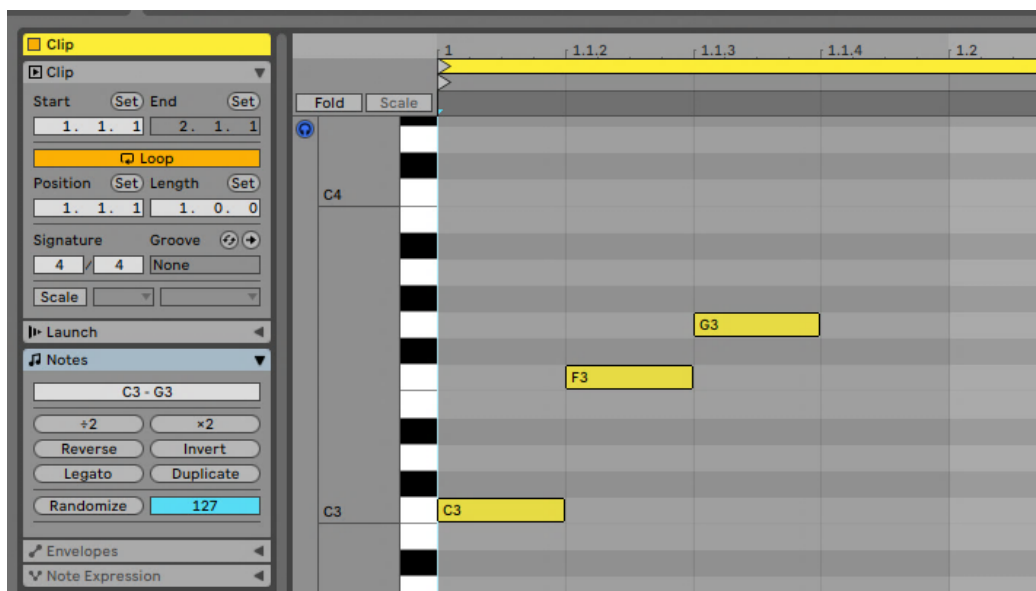
Obrázek 11 – Vybraný preset pro vývoj zvuku

Preset zněl téměř ideálně pro můj účel, ale malé úpravy charakteristiky zvuku jsem stejně musel udělat. Zvednul jsem audio efekt Chorus z 0 % na 45 %, aby zvuk byl plnější a bohatší. Reverb (ozvěnu) jsem nastavil z 12 % na 15 %, aby zvuk měl podobnou ozvěnu jako ostatní notifikace a snížil jsem Attack Tone na 13, Force na 12, aby zvuk nebyl tolik ostrý a nedráždil.



Obrázek 12 – Upravené úrovně efektů presetu.

Ostatní notifikace jsou ve většině případů zvuky složené z jednoho tónu, přehraným jednou nebo vícekrát po sobě a alternativně jsou to zvuky složené z krátké sekvence souzvukných tónů. Svůj zvuk jsem se rozhodl složit ze tří rychle po sobě jdoucích souzvukných tónů v klíči C dur, viz obrázek 12.



Obrázek 13 – Noty vyvíjeného zvuku

Výsledek jsem následně exportoval do souboru se zvukovým formátem WAV pro zachování co nejlepší kvality zvuku při exportu.

5.4. Průběh experimentu

Experiment začínal tím, že jsem s vybraným vybavením a vytisknutými dotazníky oslovoval náhodné studenty UHK. Osoby jsem oslovoval převážně v relaxační zóně v budově J a též ve společenských prostorech budovy A. Vybíral jsem studenty, které jsem osobně neznal, aby neměli tendenci zkreslovat výpovědi v můj prospěch. Celkově jsem oslovil 16 studentů a tímto bych jim chtěl poděkovat za ochotnou spolupráci, jelikož mě nikdo z nich neodmítl.



Obrázek 14 – Vybavení pro experiment

Samotné poslechové testy vždy probíhaly ve společenských prostorech, kde se nacházeli i další lidé, avšak prostředí bylo velice klidné bez většího hluku. Pokud ještě započteme i to, že osoby podněty poslouchaly skrze sluchátka, která část hluku eliminují, předpokládám, že rušivost prostředí při poslechu byla minimální.

Každé testované osobě jsem na začátek experimentu vysvětlil, že se jedná o poslechový experiment s mobilními notifikacemi. Poté jsem popsal, jak budou zvukové podněty hodnotit. V případě subjektivně hodnocených podnětů Likertovou škálou a v případě párového porovnávání, vybráním příjemnějšího zvuku.

Po vysvětlení průběhu experimentu, jsem každému přehrál vybranou klasickou skladbu pro kalibraci hlasitosti. Každý mi sděloval, jestli chce hlasitost navýšit či snížit, dokud hlasitost neměl pohodlně nastavenou.

S nastavenou hlasitostí následně osoby přešly k hodnocení prvních jedenácti podnětů. Každý podnět jsem přehrál dvakrát a na vyžádání i vícekrát. Jako další si všichni poslechli a vybrali příjemnější podněty ve srovnávacích testech, a nakonec odpověděli na doplňující otázky.

V průběhu vyplňování dotazníků se nevyskytly žádné větší komplikace. Jediná chyba, kterou jsem si uvědomil v průběhu experimentu s první osobou, byla špatně položená doplňující otázka: Jaké z těchto aplikací používáte? Místo toho, aby osoby zaškrtnuly aplikace, které používají právě teď, je vhodnější se ptát i na ty, které používaly v minulosti. Proto jsem každé testované osobě slovně vysvětlil ať zaškrtnou i aplikace, které používaly dříve.

Nakonec jsem každého poprosil, aby dotazník podepsal svým křestním jménem či přezdívkou, která bude sloužit jako identifikace jednotlivých dotazníků. Podle jména jsem si lépe zapamatoval, který z dotazníků, kdo vyplňoval a lépe jsem si vzpomněl na verbální i neverbální reakce daných osob při poslechu.

5.5. Práce s daty

Dohromady se experimentu zúčastnilo 16 osob a pro jednodušší analýzu dat jsem všechny odpovědi z papírového formuláře přepsal do tabulky v Excelu, ve kterém jsem využil různé funkce pro analýzu dat.

5.5.1. Transformace dat

Data sbíraná metodou subjektivního hodnocení jsem do tabulky vyjádřil v číselné hodnotě pro jednodušší práci s nimi. Čísla jsem odpovědím přiřadil následovně: -2 nepříjemné, -1 spíš nepříjemné, 0 neutrální, 1 spíš příjemné, 2 příjemné.

U dat z porovnávacích testů notifikací mobilních výrobců jsem jednoduše zapsal kolikrát byl každý podnět v porovnávání vybrán.

Odpovědi z doplňující otázky na používané zařízení jsem do tabulky zapsal textem a u otázky na režim zvuku jsem data zapsal pomocí číselné hodnoty: 2 trvale zapnuté zvuky, 1 občas zapnuté zvuky, 0 nikdy nezapíná zvuky. A nakonec u používaných aplikací jsem vyplnil číselnou hodnotu 1 a u nepoužívaných 0, pro pozdější sčítání.

Výslednou tabulku s transformovanými daty najdete na dalším listu, viz tabulka 1.

	Pavel	Dalibor	Natálie	Babyn	Miša	Tlasky	Matyáš	Milan	Tereza	Lucie	Marie	Majda	Lukáš	Zuzka	Jiří	Miša
1) Telegram	0	0	1	1	-1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
2) Twitter	-1	-1	0	0	-2	0	0	-1	-1	2	1	-1	1	0	0	1
3) Viber	1	0	1	1	-1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
4) Vlastní	1	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	-1	-1	1	1	0
5) Messenger	-1	0	0	0	1	1	-1	0	1	0	1	1	0	2	0	1
6) ICQ	1	-2	-1	-1	-1	-2	0	-1	-1	-1	1	-2	-1	0	0	-1
7) Discord	0	0	0	0	0	1	1	1	1	-1	0	-1	1	1	1	-1
8) Skype	0	-1	-1	1	1	-2	-1	1	1	0	-1	-1	0	0	0	-1
9) Snapchat	-1	0	0	0	0	-1	-1	1	0	-2	0	0	0	0	0	0
10) WhatsApp	-2	-2	-1	1	1	-2	0	-1	2	0	-1	1	-1	-1	-1	0
11) AOL IM	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2	0	-1	-2	-2	-1	-2

1) Samsung	1	1	2	1	1	1	0	2	1	1	2	1	1	2	2	1
2) Xiaomi	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3) iPhone	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2

Používá:	iPhone	iPhone	iPhone	iPhone	Samsung	iPhone	iPhone	Samsung	iPhone	Jiný	iPhone	iPhone	Samsung	iPhone	iPhone	Samsung
Zapnuté zvuky:	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Telegram	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Twitter	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Viber	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Messenger	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ICQ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Discord	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
Skype	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Snapchat	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
WhatsApp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

Tabulka 1 – Transformovaná data

5.5.2. Vyhodnocení dat

V této části práce se pokusím z nasbíraných dat z poslechových testů odpovědět na předešle stanovené výzkumné otázky.

- Jakým dojmem působí obecně mobilní notifikace na člověka?

	Součet	Nejčastější odpověď
Telegram	7	0
Twitter	-2	0
Viber	4	0
Vlastní	-2	0
Messenger	4	0
ICQ	-15	-1
Discord	4	1
Skype	-7	-1
Snapchat	-3	0
WhatsApp	-9	-1
AOL IM	-24	-2

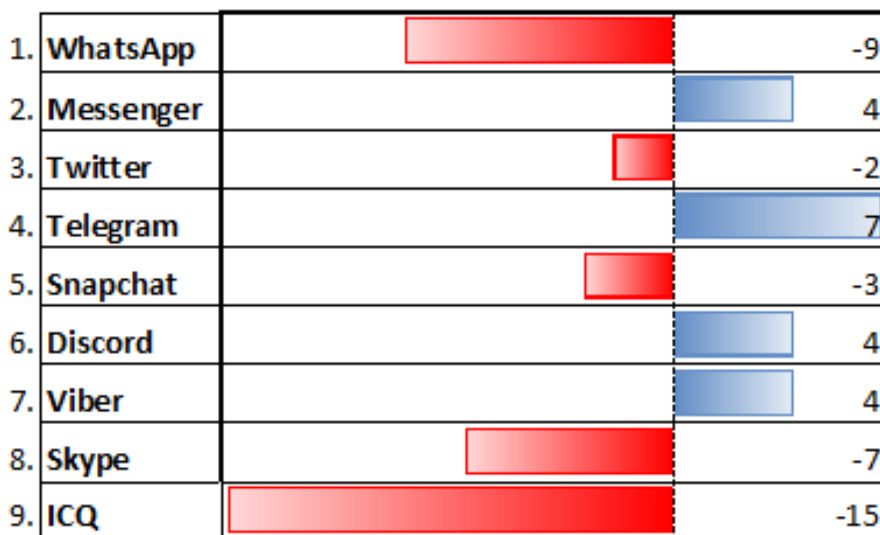
Tabulka 2 – Sečtené odpovědi subjektivně hodnocených podnětů

Ze sečtených dat můžeme vyzorovat, že notifikace byly testovanými osobami celkově vnímány spíše negativně a mnoho z nich neutrálně což vidíme na nejčastějších odpovědích. Přes to, že uživatelé považují notifikace komunikačních aplikací za důležité, jejich zvuk nevnímají nutně pozitivně.

Testované osoby měly tendenci často vybírat neutrální odpověď. To by nebyl tak velký problém při experimentu s větším počtem osob, ale v tomto případě je tím výsledné zjištění značně omezené, jelikož se sečtené hodnoty až na pár výjimek pohybují těsně kolem nuly. Tento problém by mohl být řešen alternativním zápisem při subjektivním hodnocení. Například zápisem příjemnosti zvuku jako bodu na úsečce s rozsahem od velice nepříjemné až velice příjemné. Testované osoby mohou mít totiž tendenci vůbec nevybírat krajní hodnoty při hodnocení pomocí připravené škály. Dalším řešením by mohlo být připravenou škálu rozšířit o extrémní hodnoty na obou koncích.

- Mají populárnější aplikace příjemnější notifikace?

Nasbíraná data jsem pro zodpovězení této otázky seřadil podle popularity aplikací (počet stažení na Google Play). Aplikace AOL IM v tomto seznamu není, jelikož už není dostupná ke stažení, a též postrádá smysl zahrnovat do těchto výsledků mnou vytvořený zvuk.



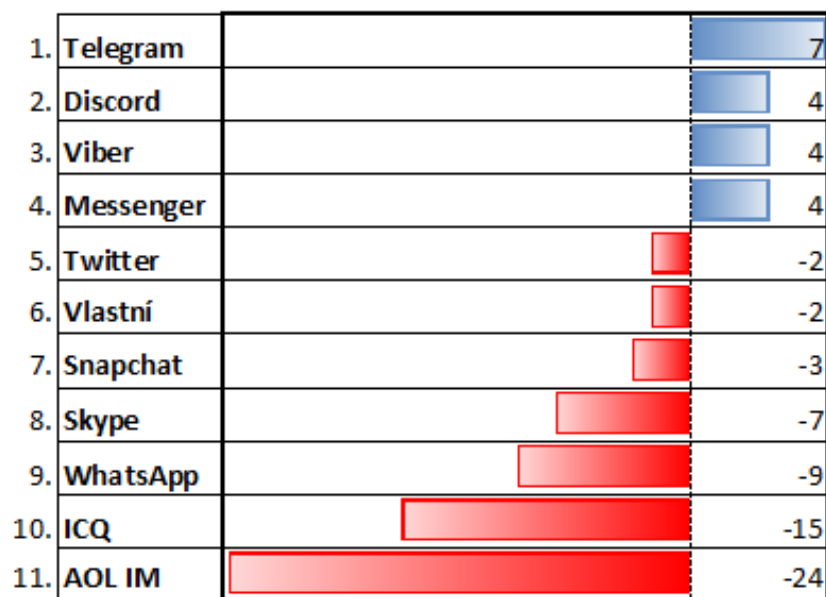
Tabulka 3 – Sečtené odpovědi seřazené podle popularity aplikací

Ve výsledných datech lze vidět jistý trend, že populárnější aplikace získaly relativně lepší hodnocení, s výjimkou nejpopulárnější aplikace WhatsApp, která byla hodnocena spíše negativně.

Aplikace WhatsApp má velice odlišnou charakteristiku zvuku své notifikace od všech ostatních aplikací, což mu zaručuje jistou originalitu, která se ale v tomto případě nevyplatí.

Výsledné celkové hodnocení se příliš pohybuje kolem 0, což stále znamená, že zjištění jsou omezená. Platí dříve zmíněné doporučení pro odstranění častých neutrálních odpovědí. Problém by se také dal řešit tím, že by se všechny podněty hodnotily metodou párového srovnávání, to ale může být velice časově náročné.

- Jsou novější mobilní notifikace příjemnější pro člověka?



Tabulka 4 – Sečtené odpovědi seřazené podle hodnocení

Pokud se podíváme na takto seřazené výsledky, je zjevné, že záměrně zahrnuté starší aplikace Skype, ICQ a AOL IM ve výběrovém souboru byly hodnoceny mnohem častěji negativně než ostatní novější aplikace s výjimkou WhatsApp.

- Jak na člověka působí neznámá notifikace?

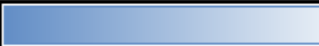
Zvuk, který jsem vytvořil já, záměrně tak, aby se podobal ostatním zvukům ve výběrovém souboru byl hodnocen převážně neutrálně. To se dalo očekávat, jelikož osoby neměly tento zvuk spojený s žádnou negativní či pozitivní předešlou zkušeností, a proto předpokládám, že tento zvuk hodnotily čistě na základě charakteristiky zvuku, která nebyla ničím výjimečná.

- Co je charakteristické pro příjemnější zvuky?

Pokud si poslechneme první čtyři nejlépe hodnocené notifikace aplikací ze sečtených dat, zjistíme, že 3 z nich mají velice podobnou charakteristiku zvuku. Telegram, Viber i Messenger mají zvuk notifikace založený na různých typech zvonků. Doporučil bych tedy vývojářům mobilních notifikací, aby pro své aplikace vytvářeli zvuky s podobnou charakteristikou jako u těchto tří aplikací.

5.5.3. Vedlejší výzkumné zaměření

Vedlejším výzkumným zaměřením byly notifikace největších výrobců mobilních telefonů Samsung, iPhone a Xiaomi. Chtěl jsem v rámci výzkumu zjistit, který z těchto výrobců má nejlépe navržené notifikace a jestli hraje při hodnocení zvuku roli jaký telefon člověk vlastní.

Samsung		20		14		5
Xiaomi		2		2		0
iPhone		26		17		7
Vlastní:	Jakýkoliv		iPhone		Samsung	

Tabulka 5 – Sečtené odpovědi notifikací výrobců telefonů

Ze získaných dat je zjevné, že notifikace iPhone a Samsung telefonů jsou vnímány mnohem lépe než notifikace telefonů Xiaomi. Též můžeme vidět, že vlastněný telefon nehraje roli při hodnocení zvuku, uživatelé nepreferují zvuk jejich značky. Vlastníci Xiaomi telefonů v tabulce nejsou uvedeni, jelikož žádná z testovaných osob nevlastnila telefon této značky, a zároveň nejčastější vlastněný telefon byl iPhone, proto má nejvíce zaznamenaných odpovědí. Je ale zjevné, že distribuce odpovědí je relativně stejná u obou vlastněných značek.

Posledními nasbíranými daty, které jsou v této práci relevantní jsou aplikace, které jsou nebo byly v minulosti používány testovanými osobami.

Telegram		3
Twitter		2
Viber		1
Messenger		16
ICQ		1
Discord		10
Skype		4
Snapchat		7
WhatsApp		13

Tabulka 6 – Sečtené odpovědi používaných aplikací

Velmi populární aplikace Telegram má v odpovědích velmi malé zastoupení, stejně tak aplikace Viber.

6. Závěr

Cílem a smyslem této práce bylo zjistit, jak člověk vnímá zvuky mobilních notifikací. Ke zpracování teoretické části práce jsem použil hlavně odbornou literaturu. Byly v ní popsány základy akustiky, jak zvuk vzniká, jak se šíří, a jak ho člověk zaznamenává. Též byly popsány základy psychofyziky, kde byly vysvětleny sledované typy vztahů a v neposlední řadě obecné zásady psychoakustického experimentu.

Praktická část byla zaměřená na vnímání zvuku mobilních notifikací člověkem. Byly stanoveny výzkumné otázky, popsána příprava a průběh experimentu, odpovědi byly ke konci sečtené a vyhodnocené.

Ačkoliv lidé považují mobilní notifikace komunikačních aplikací za velmi důležité, byl jejich zvuk podle výsledků experimentu vnímán spíš negativně.

Novější aplikace mají lépe zpracované notifikační zvuky, což napovídá tomu, že výrobci této problematice věnují v posledních letech více zdrojů.

Neznámá notifikace, kterou jsem pro experiment vyvinul byla podle předpokladů vnímána neutrálně.

Při pozorování nejlépe hodnocených notifikací bylo zjištěno, že nejoblíbenější typ zvuku notifikací je takový, který připomíná zazvonění zvonku, proto bych doporučil při vývoji notifikací brát na tuto informaci ohled.

Je ale důležité zmínit, že platnost mých zjištění je limitována velikostí vzorku. Na základě těchto zjištění by bylo vhodné při dalším výzkumu stanovit hypotézy a ty statisticky otestovat.

Bibliografie

- FASTL, Hugo a ZWICKER Eberhard, 2007. *Psychoacoustics: facts and models*. 3rd ed. Berlin: Springer. ISBN 978-3-540-23159-2.
- FORRÓ, Daniel, 1994. *Počítače a hudba*. Praha: Grada. Musitronika. ISBN 80-85623-57-9.
- FRANĚK, Marek, 2005. *Hudební psychologie*. Vyd. 1. V Praze: Karolinum. ISBN 80-246-0965-7.
- HOWARD, David M. a ANGUS Jamie A.S, 2009. *Acoustics and psychoacoustics*. 4th ed. Amsterdam: Focal Press. ISBN 978-0-24-052175-6.
- JIRÍČEK, Ondřej, 2002. *Úvod do akustiky*. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 80-01-02460-1.
- MELKA, Alois, 2005. *Základy experimentální psychoakustiky*. 1. vyd. Praha: Akademie múzických umění v Praze. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN 80-7331-043-0.
- NOVÝ, Richard, 2019. *Hluk a chvění*. 4. přepracované vydání. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-06554-9.
- Ochrana zdraví před hlukem. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://szu.cz/tema/zivotni-prostredi/hluk/ochrana-pred-hlukem/>
- OTČENÁŠEK, Zdeněk, 2008. *O subjektivním hodnocení zvuku*. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN 978-80-7331-113-1.
- ROSSING, Thomas D., 2007. *Springer Handbook of Acoustics*. Stanford: Springer. ISBN 978-0-387-30446-5.
- SHIRAZI, Alireza Sahami, HENZE Niels, DINGLER Tilman, PIELOT Martin, WEBER Dominik a SCHMIDT Albrecht, 2014. *Large-scale assessment of mobile notifications*. 3055–3064. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1145/2556288.2557189>
- ŠKVOR, Zdeněk, 2001. *Akustika a elektroakustika*. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 80-200-0461-0.
- YOST, William A., 2015. Psychoacoustics: A Brief Historical Overview. In: *Acoustics Today* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://acousticstoday.org/psychoacoustics-a-brief-historical-overview-by-william-a-yost/>
- Zdravotní účinky hluku. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://szu.cz/tema/zivotni-prostredi/hluk/zdravotni-ucinky-hluku/>

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 – Šíření zvuku od zdroje ve formě vlnoploch (Nový, 2019)	4
Obrázek 2 – Časový průběh sinusového tónu, složeného tónu a hluku (Franěk, 2005).....	5
Obrázek 3 – Sluchový orgán (Otčenášek, 2008)	6
Obrázek 4 – Sledované vztahy v moderní psychologii (Melka, 2005)	10
Obrázek 5 – Hladiny akustického tlaku (Nový, 2019)	13
Obrázek 6 – Sluchové pole (Jiříček, 2002).....	14
Obrázek 7 – Funkce Normalizace hlasitosti v Audacity	22
Obrázek 8 – Forma dotazů pro poslechové testy	23
Obrázek 9 – Forma dotazů pro porovnávací testy	23
Obrázek 10 – Doplnující otázky v dotazníku	24
Obrázek 11 – Vybraný preset pro vývoj zvuku	25
Obrázek 12 – Upravené úrovně efektů presetu.	26
Obrázek 13 – Noty vyvíjeného zvuku	26
Obrázek 14 – Vybavení pro experiment.....	27

Pokud není uveden zdroj obrázek je vlastní.

Tabulka 1 – Transformovaná data	29
Tabulka 2 – Sečtené odpovědi subjektivně hodnocených podnětů	30
Tabulka 3 – Sečtené odpovědi seřazené podle popularity aplikací	31
Tabulka 4 – Sečtené odpovědi seřazené podle hodnocení	32
Tabulka 5 – Sečtené odpovědi notifikací výrobců telefonů	33
Tabulka 6 – Sečtené odpovědi používaných aplikací.....	33

Pokud není uveden zdroj tabulka je vlastní

Přílohy

K bakalářské práci je přiložený CD disk, který obsahuje všechny zvuky a jejich zdroje použité při experimentu, dotazník v plném rozlišení a naskenované vyplněné dotazníky všech osob.

Zadání bakalářské práce

Autor: Michal Plecháč

Studium: I2100536

Studijní program: B0688A140001 Informační management

Studijní obor: Informační management

Název bakalářské práce: **Analýza působení digitálně upravených akustických signálů**

Název bakalářské práce AJ: The effect of digitally modified acoustical signals

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cíl práce: Cílem je teoreticky pojet o vybrané problematice digitálně upravených signálů a jejich vnímání testovanými osobami a provést vlastní výzkum v této oblasti.

Osnova:

1. Úvod
2. Teoretická část
3. Výzkumná část
4. Závěry a shrnutí
5. Doporučení.

Melka, A. Základy experimentální psychoakustiky.. Praha, AMU, 2005

Z. Škovor: Akustika a elektroakustika. Praha, Academia, 2001

Zadávací pracoviště: Katedra managementu,
Fakulta informatiky a managementu

Vedoucí práce: prof. PhDr. Marek Franěk, CSc., Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 15.10.2021