

Spektrální analýza v hlasové výchově

MILUŠE OBEŠLOVÁ



Summary

Spectral analysis is one of the most common methods in human voice research. The individual properties of the human voice are very well detectable and measurable using a number of computer programs, which are based on the principle of spectral analysis. Especially in recent years, major workplaces in the Czech Republic and abroad are engaged in research of the human voice and especially the creation of software for the analysis of the main voice parameters. Computer programs based on spectral analysis would be an ideal tool for the voice educator and especially the voice therapist to find objective information about the quality of the voice and voice of individual students or about the effectiveness of his pedagogical or therapeutic intervention.

1 Úvod

Lidský hlas jako nezbytný profesní komunikační prostředek a zároveň i jako obdivuhodný hudební nástroj vyžaduje při své kultivaci i následné péči multidisciplinární přístup. Při kultivaci vrozených hlasových dispozic pracuje hlasový či pěvecký pedagog především v abstraktní rovině. Hlasový projev svého žáka hodnotí slovním popisem a zaměřuje se na percepční hodnocení vlastností hlasu. Toto jeho hodnocení vždy obsahuje subjektivní výpověď, která vychází z jeho zkušeností, z úrovně jeho percepčních schopností apod. Kvalitu hlasového projevu ovlivňuje celá řada faktorů. V případě hlasových obtíží je nutná spolupráce specialistů celé řady oborů k odhalení příčin obtíží, zobrazení stavu i funkce hlasivek, vizualizace jednotlivých hlasových parametrů a stanovení postupu léčby či terapie. V současnosti již existují počítačové programy, založené na spektrální analýze, které dokáží vizualizovat hlasový projev každého jednotlivce, a umožňují zobrazit jeho problémy, obtíže, nedostatky, ale také pokroky v učení a dopady pedagogické či terapeutické intervence hlasového peda-

goga. Spektrální analýza hlasu se tak stává důležitou pomůckou pro hlasovou výchovu, protože subjektivní hodnocení hlasového projevu může doplnit o akustické parametry, které se dají měřit.¹

2 Spektrální analýza jako výzkumná metoda

Spektrální analýza je v současnosti velmi rozšířenou výzkumnou metodou, která je využívána v mnoha různých oborech. Zkoumá složení jednotlivých látek pomocí záření, které látky vyzařují. Základním přístrojem, který spektrální analýza používá, je *spektroskop*. Ten funguje na principu rozkladu světla. Podle způsobu rozkladu se rozlišuje: *hranolový spektroskop* (rozklad pomocí hranolu) a *mřížkový spektroskop* (rozklad světla optickou mřížkou pomocí ohybu světla). Podle toho, zda látka světlo vyzařuje či pohlcuje, se dělí spektrum na *emisní* a *absorpční*. Emisní i absorpční spektrum lze dle tvaru spektra rozdělit na čárové spektrum (tvořené navzájem oddělenými spektrálními čarami) a *spojité spektrum* (je tvořeno všemi vlnovými délkami z určitého intervalu). Specifickým druhem



spektra je tzv. *pásové spektrum*, které je tvořeno velkým množstvím čar ležících v těsné blízkosti. Tyto skupiny čar tvoří pásy, které jsou oddělené temnými úseky.²

3 Spektrální analýza zvuku

3.1 Zvuk

Zvuk je možné obecně charakterizovat jako mechanické kmitání. Zdrojem zvuku může být každé těleso, ve kterém vzniká chvění. Toto chvění se přenáší na okolní prostředí a v něm se dále šíří jako vlna mechanického vlnění. *Zvuková vlna* je dána periodickým stlačováním a rozpínáním hmotného prostředí. Zvukové vlny se šíří různými prostředími různou rychlostí a mají určité vlastnosti. Podstatná je především *amplituda* zvukové vlny, která v zásadě udává hlasitost zvukové vlny, délka zvukové vlny – *vlnová délka*³ a průběh zvukové vlny.⁴

Zvuky se dělí na tóny a hluky. Tóny vznikají při pravidelném kmitání. Při jejich poslechu vzniká v uchu vjem zvuku určité výšky. Mohou být *jednoduché* nebo *složené*. Jednoduché tóny se vyskytují jen výjimečně (např. ladička). Mají harmonický, sinusový průběh. Složené tóny mají složitý neharmonický průběh. Jedná se např. o zvuky hudebních nástrojů nebo samohlásky. Hluky vznikají při nepravidelném kmitání těles. Patří sem i souhlásky a šumy, které vznikají nahodilými neperiodickými změnami tlaku v prostředí, kterým se zvuk šíří.

3.2 Zvukové spektrum

Zvukové spektrum znamená v akustice kombinaci všech frekvencí, ze kterých se většina zvuků skládá. Skutečně čistý harmonický průběh ve tvaru sinusovky se vyskytuje jen u nejjednodušších zvuků. Zvukový signál většiny zdrojů je oproti základní sinusovce více či méně deformovaný. V každém periodickém signálu lze určit *základní frekvenci* a pomocí frekvenční analýzy určit všechny harmonické složky, tzv. *vyšší harmonické*, které spolu se základní frekvencí tvoří složený tón. Výsledkem analýzy je *frekvenční spektrum*, z něhož lze zpětně pomocí frekvenční syntézy složit původní signál.

4 Spektrální analýza hlasu

Spektrální analýza hlasu patří mezi základní akustické metody vyšetření hlasu ve foniatrii, které „umožňují objektivní dokumentaci funkčního stavu hlasu pacienta v podobě audionahrávky a v podobě souboru naměřených parametrů umožňují sledování stavu hlasu v průběhu terapie“.⁵ Podle délky analyzovaného signálu a způsobu vyhodnocení se rozlišuje analýza *krátkodobá* – analýza okamžitého akustického spektra a *dlouhodobá* – dlouhodobě průměrovaná analýza hlasu.⁶

Při spektrální analýze hlasu se používají zvukové filtry, které oddělují ze složeného hlasu jednotlivé frekvenční oblasti a zobrazují je podle jejich energie. „Prezentace spektrální analýzy je buď v úzkopásmovém zobrazení, kde šířka analyzovaného pásma je cca do 20 Hz (úzko-pásmová spektrální analýza lépe zobrazuje velikosti jednotlivých harmonických a též mezharmnická pásma), nebo v širokopásmovém zobrazení, kde šířka pásma přesahuje v zásadě 50 Hz (většinou se používá 300 Hz) a zobrazení zachycuje hlavně frekvenční polohy a energie formantů.“⁷

4.1 Hlasové spektrum

Pokud hlasivky kmitají pravidelně, vzniká zvuk tónového charakteru. Takový zvuk lze spektrální analýzou rozložit na *spektrum*. V něm dominuje sada tzv. *harmonických složek*, které frekvenčně leží v celočíselných násobcích základní frekvence (F0). V pásmech mezi harmonickými složkami leží tzv. *mezharmnická pásma*. Pokud by hlas neobsahoval žádnou příměs šumu, pak by se v těchto pásmech nenacházela žádná energie. Běžný hlas je vždy tvořen kombinací pravidelného kmitání hlasivek a šumu, který vzniká na podkladu tření vzduchu o sliznice hlasivek a vokálního traktu. I u normálního hlasu se vyskytují složky třecího šumu, tzn. že i čistý hlas obsahuje akustickou energii v mezharmnických pásmech, která je výrazně slabší než energie harmonických složek. Frič a kol. vysvětluje tuto situaci takto: „V případě zvýšené (tedy

i percipované) úrovně složek šumu, se jejich přítomnost v oblasti mezi harmonickými zvýrazní, dosahuje obdobnou energii jako harmonické (resp. energie harmonických se sníží) a hlas není percipován jako čistý. Na základě charakteru šumu, resp. rušivých složek, je hlas percipován jako dyšný nebo chraplavý (drsný). Se zvyšující se dyšností hlasu zanikají jednotlivé harmonické složky v narůstajícím šumu od čím dál nižšího frekvenčního pásma. V případě chraplavého hlasu hlasivky nekmitají frekvenčně nebo amplitudově pravidelně.⁸

Vznik hlásek a zejména samohlásek s jejich specifickou zvukovou podobou ovlivňují *formanty*. Ty odpovídají nastavení artikulačního ústrojí z hlediska jeho objemu a tvaru. Frič a kol. definuje formant jako „spektrální oblast se zvýšenou energií odpovídající rezonančním charakteristikám dutin vokálního traktu (rezonančního prostoru). Rezonanční prostory mají kromě schopnosti zesílit určitou oblast tónů i schopnost samostatného rozeznění“.⁹ V češtině jsou pro dobré rozlišení jednotlivých samohlásek rozhodující první dva formanty, které se označují F1 a F2. U hlasu, který je zcela jasný, jsou formanty přesně ohraničené. U hlasů chraplivých se objevuje příměs šumu, která se projeví jako nepřesné ohraničení formantů. Zdravý hlas je určen základním tónem a všemi harmonickými. Pokud hlas ztrácí nejvyšší a vyšší harmonické tóny, je ome-

zen ve své znělosti.¹⁰ Dle Skarnitzla kvalitu zvuku lépe vystihuje vyhlazené spektrum.¹¹

5 Závěr

V současnosti existuje několik programů pro analýzu hlasu a řeči, které jsou založeny na spektrální analýze.¹² Jsou běžně používané lékaři i hlasovými pedagogy a terapeuty především ve velkých zahraničních hlasových asociacích. Tyto softwary, jejichž tvorbou se zabývají i české výzkumné organizace, umožňují v reálném čase pozorovat charakter řeči či zpěvu, sledovat rozložení energie ve spektru, to znamená, že umožňují identifikovat různé hlasové vady a obtíže jako chraptění, dyšný hlas, hypernazalitu atd., poskytují ale i možnost např. rychlé analýzy poškození plynulosti řeči a prozodie. Dokáží zobrazit maximální dobu fonace, standardní odchylku od základní frekvence, frekvenční periodicitu, amplitudovou nepravidelnost, poměr hladin harmonických složek k úrovni meziharmonického šumu. Velkou výhodou některých softwarů je, že dokáží načíst a aktualizovat parametry pro všechny doposud analyzované nahrávky a porovnat aktuálně analyzovanou nahrávku s předcházející nahrávkou. Možnosti těchto softwarů jsou velmi zajímavé a mnohdy přispívají ke včasné diagnostice vážných onemocnění. A právě tyto programy by se mohly stát významnou pomůckou v práci hlasového pedagoga a zejména hlasového terapeuta.

Poznámky

- 1 Tréninkové programy a různé softwary pro analýzu hlasu jsou běžnou součástí velkých zahraničních hlasových asociací, které se zabývají mezioborovou péčí o lidský hlas. Je to např. společnost Estill Voice International, která používá tréninkový program Estill Voiceprint Plus a klinické softwary Voice Evaluation Suite (VES) a Virtual Voice Trainer (VVT).
- 2 REICHL, Jaroslav a VŠETIČKA, Martin. *Spektra látek. Encyklopedie fyziky* [online]. 27. 11. 2018 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/539-spektra-latek>.
- 3 Vlnová délka se značí řeckým písmenem lambda – λ .
- 4 Existuje několik druhů zvukových vln: např. *sinusová vlna*, *obdélníková vlna* (obsahuje jen liché vyšší harmonické složky se stejnou počáteční fází), *trojúhelníková vlna* (obsahuje jen liché harmonické, počáteční fáze složek jsou různé), *pilová vlna* (vypadá jako obdélníková vlna, ale má i sudé harmonické).
- 5 FRIČ, Marek a DRŠATA, Jakub. Akustické metody vyšetření hlasu. In: DRŠATA, Jakub a kolektiv. FONIATRIE – HLAS. Havlíčkův Brod: Tobíáš, 2011, s. 74–83. ISBN 978-80-7311-116-8.

- 6 Zavedení prvního digitálního spektrografu (DSP Sonograph) od společnosti Kay Elemetrics na konci 70. let 20. století zlepšilo možnosti spektroakustické hlasové analýzy v klinické oblasti.
- 7 FRIČ, Marek a kolektiv. AKUSTIKA HLASU. In: *Sborník abstrakt a příspěvků 2. Symposia Umělecký hlas*. Praha: AMU a Hlasové a sluchové centrum Praha, 2010, s. 56. ISBN 978-80-7331-170-4.
- 8 Tamtéž, s. 55.
- 9 FRIČ, Marek a kolektiv. Fyziologie a funkce hrtanu. In: DRŠATA, Jakub a kolektiv. *FONIATRIE – HLAS*. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2011, s. 45. ISBN 978-80-7311-116-8.
- 10 NOVÁK, Alexej. *Foniatrie a pedaudiologie II*. Praha: vl. nákladem, 2000. 176 s.
- 11 SKARNITZL, Radek. Zvukové spektrum. In: *CzechEncy – Nový encyklopedický slovník češtiny* [online]. 2017 [cit. 20.10.2021]. Dostupné z: <https://www.czechency.org/slovník/ZVUKOVÉ SPEKTRUM>
- 12 Konkrétní zkušenosti s vybraným softwarem byly publikovány v článku: OBEŠLOVÁ, Miluše. Výsledky použití 3D frekvenční analýzy v hlasové výchově. *AFA ad fontes artis*. Banská Bystrica: Fakulta múzických umění. 2021, 10, 8–25. ISSN 2453-9694.

Literatura

1. DRŠATA, Jakub a kolektiv. *FONIATRIE – HLAS*. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2011. 321 s. ISBN 978-80-7311-116-8.
2. *Sborník abstrakt a příspěvků 2. Symposia Umělecký hlas 2010*. Praha: AMU a Hlasové a sluchové centrum Praha, 2010. 80 s. ISBN 978-80-7331-170-4.
3. NOVÁK, Alexej. *Foniatrie a pedaudiologie II*. Praha: vl. Nákladem, 2000. 176 s.

Internetové zdroje

1. REICHL, Jaroslav a VŠETIČKA, Martin. *Spektra látek. Encyklopedie fyziky* [online]. 27.11.2018 [cit. 19.10.2021]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/539-spektra-latek>.
2. SKARNITZL, Radek. Zvukové spektrum. In: *CzechEncy – Nový encyklopedický slovník češtiny* [online]. 2017 [cit. 20.10.2021]. Dostupné z: <https://www.czechency.org/slovník/ZVUKOVÉ SPEKTRUM>

Resumé

Spektrální analýza představuje jednu z nejrozšířenějších metod ve výzkumu lidského hlasu. Jednotlivé vlastnosti lidského hlasu jsou velmi dobře zjištělné a měřitelné pomocí celé řady počítačových programů, které jsou založeny na principu spektrální analýzy. Zejména v posledních letech se významná pracoviště v České republice i v zahraničí věnují výzkumu lidského hlasu a zejména tvorbě softwarů na analýzu hlavních hlasových parametrů. Počítačové programy, založené na spektrální analýze, by znamenaly pro hlasového pedagoga a zejména hlasového terapeuta ideální nástroj pro zjištění objektivních informací o kvalitě hlasu a hlasového projevu jednotlivých studentů či o účinnosti jeho pedagogické či terapeutické intervence.

Klíčová slova: spektrální analýza, spektrum, zvuk, hlas.

Keywords: spectral analysis, spectrum, sound, voice.

PhDr. Miluše Obešlová, Ph.D. vystudovala Vysokou školu pedagogickou v Hradci Králové a doktorské studium na Katedře hudební výchovy na Ostravské univerzitě. Od roku 1999 působí jako odborná asistentka na Hudební katedře PdF Univerzity Hradec Králové. Věnuje se problematice pěvecké a hlasové výchovy.