

## Hodnocení vedoucího bakalářské práce

Hana Kalivodová

# Scrolling Song Book: Zpěvník s automatickým posunem textu

Cílem bakalářské práce Hany Kalivodové bylo navrhnout a implementovat aplikaci, která bude sloužit kytaristům (a dalším hudebníkům) jako elektronický zpěvník, tj. bude zobrazovat texty písní s hudebním doprovodem vyznačeným akordovými značkami umístěnými nad textem podle běžných zvyklostí, a nadto bude text s akordovými značkami (v případě, že se nevejde celý na jednu obrazovku zařízení) posunovat podle toho, co právě hudebník hraje, tedy v jaké části písně se nachází.

Studentka si zadání zvolila sama po diskusi s vedoucím práce na základě svého zájmu o oblast digitálního zpracování zvuku a také proto, že hraje na hudební nástroj a řešený problém je jí tak známý i z provozování této volnočasové aktivity. O účelnosti přijatelně spolehlivého řešení předestřené úlohy nelze pochybovat – každý, kdo hraje na hudební nástroj ovládaný oběma rukama, se jistě s téměř neřešitelnou potřebou včasného „otočení stránky“ setkal.

Všech dílčích cílů práce se podařilo dosáhnout, byť některých s výhradami, které budou detailně uvedené níže. Výsledkem autorčina úsilí je aplikace s grafickým uživatelským rozhraním napsaná v jazyce Python za využití aplikačního frameworku PyQt, která běží potenciálně na jakémkoliv výpočetním zařízení schopném interpretovat Python s instalovaným PyQt. Tato aplikace zobrazuje text písně s akordovými značkami uložený v de facto standardním a velmi rozšířeném formátu ChordPro. Lze ji tedy využít zejména při hře na kytaru, ukulele, mandolínu, banjo, piano a mnohé další nástroje schopné akordického doprovodu.

Autorka byla postavena před poměrně komplexní problém, navíc za situace, kdy na bakalářské úrovni studia vlastně není k dispozici předmět, který by se věnoval systematicky zpracování číslicového signálu. Při zadání práce se počítalo s využitím knihoven pro práci s digitalizovaným signálem v maximální možné míře, čehož autorka také bohatě využila. Nicméně pro úspěšnou detekci akordů v zaznamenaném audiosignálu bylo nezbytné vyvinout i netriviální rozhodovací aparát a tam už bohužel studentka poněkud tápala, přičemž „hotová“ řešení v podobě knihoven k dispozici nejsou. Nakonec se jí zadání podařilo úspěšně a celkem obratně vyřešit, avšak kvalita detekce akordů (byť vyčíslená v podobě statistické analýzy dosažených výsledků v kap. 7 na 62 %) zjevně není dostatečná pro praktické nasazení aplikace způsobem, který byl původně zamýšlen.

Každopádně autorka odvedla značný kus poctivé programátorské a i výzkumnické práce, o tom nelze pochybovat. Již v počátcích práce na řešení zadání vlastními silami pořídila v anechoické komoře KIV testovací a trénovací korpus akordů, který může být použit jak pro další rozvoj analytických technik detekce akordů, tak např. pro případné trénování klasifikačního modelu na bázi neuronových sítí. Dále postupně navrhla, naprogramovala a otestovala celou řadu technik detekce akordů s využitím pokročilých matematických technik, mezi jinými např. Savitzkého-Golayův filtr ve fázi identifikace vrcholů v odhadu spektrální výkonové hustoty signálu pro určení frekvencí významných periodických složek analyzovaného zvuku. Nakonec připravila uživatelskou aplikaci s grafickým rozhraním, která zobrazuje text písně s akordickým doprovodem a na základě analýzy průběžně zaznamenávaného zvuku doprovodné hry jej posouvá.

Předloženou aplikaci – jak již bylo výše naznačeno – není možné použít k zamýšlenému účelu v reálné situaci. Dosažená spolehlivost detekce akordů nezajistí hráči např. při zpívání v hospodě, že bude text posunován korektně ve správných okamžicích. Avšak jako experimentální prototyp lze aplikaci provozovat, a tak může dobře posloužit např. jako testovací platforma pro vývoj technik detekce akordů.

Spuštění aplikace na konkrétním počítači s nainstalovanými všemi prerekvizitními knihovnamí, pomocnými nástroji, atp. je přímočaré a bezproblémové. Bohužel chybí (patrně z důvodu autorčina spěchu a nedostatku času ke konci práce na díle) ošetření stavů, kdy se aktuální konfigurace stroje liší od ideální, se kterou autorka počítá (např. v případě chybějícího zařízení pro záznam zvuku aplikace končí neošetřenou výjimkou, apod.). Také jiné výjimečné situace (jak v uživatelském rozhraní, tak při komunikaci s rozhraním audiosystému) nejsou ošetřené, a tak je možné v aplikaci otevřít třeba soubor, který vůbec není ve formátu ChordPro, následkem čehož pochopitelně aplikace neočekává žádné akordy, a tedy neposouvá text. Také případ, že by počítač disponoval více zařízeními pro záznam zvuku není brána v potaz a záznam se vždy provádí implicitním zařízením (tedy prvním, což může být např. v případě externích zvukových karet komunikujících prostřednictvím ASIO velmi problematické).

Aplikace je naprogramovaná v jazyce Python 3, celkem sestává z 1494 řádek kódu. Kód je zapsán velmi přehledně, je dobře okomentován, rozumně dekomponován a orientace v něm není problematická, byť struktura projektu má

k optimální podobě daleko. Autorka se ale nevyhnula celé řadě programátorských prohřešků, a to přesně těch, které se snažíme v průběhu studia vymýtit: Zdrojový text je doslova plný „magických čísel“, „zadrátovaných“ parametrů, atp. Subrutiny jsou často zbytečně dlouhé, koncepce *self-containment* není důsledně dodržena, subrutiny běžně spoléhají na vedlejší účinky (*side effects*). V případě uživatelské aplikace není použito paradigma MVC, funkce kontroléru jsou opět nejčastěji „zadrátovány“ do callbacků (zde obsluhy signálů, je použit framework PyQt) komponent uživatelského rozhraní, atp.

Na zápisu kódu je jasně patrné, že autorka je velmi pečlivá a snaživá studentka, ale neměla během dosavadního studia dostatečnou praxi s tvorbou kódu v reálných projektech většího rozsahu – jednoduše řečeno, chybí jí programátorský dril.

Průvodní dokument bakalářské práce má běžný rozsah (celkem 55 stran) a je vysázen v L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xu. Celkově dokument působí velmi harmonicky a autorčin styl a sloh shledávám velmi sympatickým. Popis předestíraných jevů a skutečností je mile jednoduchý a přitom dostatečně přesný, autorka se nepouští do zbytečných spekulací, nevyjadřuje se bombasticky, nezabíhá do zbytečných matematických detailů (kde by se mohla snadno ztratit), ale přitom zmiňuje vše potřebné. Její vyjadřovací schopnosti jsou mírně nad dlouhodobým průměrem našich absolventů. Použitá technická čeština je bezchybná, prostá gramatických chyb, anakolutů, zeugmat tak typických pro texty techniků s nedostatečnou literární praxí, nesrozumitelných či obtížně čitelných pasáží apod.

Text je velmi dobře strukturován a vyvážen; pokrývá dostatečně jak prerekvizitní témata a potřebné teoretické znalosti, tak návrh metod detekce akordů a následně implementaci aplikace. Je vhodně doplněn obrázky ve vynikající kvalitě, kterých by ale klidně mohlo být více (např. docela postrádám více screenshotů aplikace). V textu uvedené vzorce jsou vysázeny také správně a účelně popisují vykládané teoretické fenomény; oceňuji, že autorka nekopírovala (jak je také občas zvykem) velké množství vzorců z literatury, aniž by jim skutečně rozuměla. Technické chyby nebo odchylky od normy či zvyklostí sazby se v díle v podstatné míře nevyskytují.

Po obsahové stránce bych autorce vytknul zejména to, že se v teoretické části navrženým technikám detekce akordů nevěnovala dostatečně detailně také v sekci implementace – přestože jsou techniky detekce vysvětleny, autorka již nezmiňuje, jak jednotlivé postupy naprogramovala.

Autorka uvádí v přehledu použitých zdrojů celkem 24 děl, které jsou k předmětnému tématu relevantní a proti jejich výběru a množství nelze mít námitky. V textu jsou citace provedeny správně. Oceňuji, že si autorka vybrala k nastudování příslušných oblastí i poměrně komplikované anglicky psané odborné články, publikované na různých konferencích, případně detailní monografie věnující se předmětnému tématu.

Zadání práce bylo **splněno ve všech bodech**. Spolupráce s autorkou byla naprosto bezproblémová – zjevně se velmi snažila vypracovat práci co možná nejlépe, ač její výchozí pozice nebyla právě ideální z hlediska dosud nabytých odborných znalostí. Na konzultace se pečlivě připravovala a na díle po celou dobu intenzivně pracovala. Výsledkem je aplikace charakteru spíše prototypu a implementovaná (a důkladně otestovaná) technika detekce akordů, která dosahuje úspěšnosti 62 %, což se bohužel ukázalo jako nedostatečné pro praktické nasazení.

Ačkoli mám k práci řadu výše zmíněných připomínek (z nichž některé jsou i celkem zásadní), musím ocenit nasazení studentky a upřímnou snahu dílo dotáhnout do stavu způsobilého k reálnému užití: I když by práce – objektivně vzato – měla být hodnocena spíše stupněm dobře, zejména z důvodů motivace a ocenění píle studentky ji **doporučuji k obhajobě** s hodnocením klasifikačním stupněm

„velmi dobře“.

Ing. Kamil Ekštein, Ph.D.  
KIV FAV ZČU

V Plzni dne 24. května 2022

#### Doplňující otázky:

1. Je důvodem nízké úspěšnosti rozpoznání akordů permutabilita frekvencí významných vrcholů křivky odhadu spektrální výkonové hustoty v obrazech akordů nebo spíše numerická nepřesnost při jejich určování?
2. Mohl by úspěšnost rozpoznání nějak významně zlepšit např. statistický model přechodů mezi akordy parametrizovaný tóninou písně?