

# Posudek diplomové práce

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

**Autor práce** Vojtěch Lanz

**Název práce** Unsupervised segmentation of Gregorian chant melodies for exploring chant modality

**Rok odevzdání** 2023

**Studijní program** Informatika †**Studijní obor** †Matematická lingvistika

**Autor posudku** Jan Hajič **Role** vedoucí

**Pracoviště** Ústav formální a aplikované lingvistiky

## Text posudku:

**Téma práce.** Práce se zabývá segmentací melodií gregoriánského chorálu pomocí statistických metod. Jedná se o základní výzkum v oboru digitální muzikologie motivovaný zásadním nedostatkem porozumění tomu, jak jsou postaveny melodie gregoriánského chorálu.

Gregoriánský chorál byl dominantní forma duchovní hudby v latinské Evropě od 9. do 16. století, provozuje se dodnes, a představoval základ pro většinu dalšího hudebního vývoje, takže jde o téma pro (západní) muzikologii navýsost důležité. Podstatným fenoménem, který dodnes není uspokojivě vysvětlen, je chorální modalita: sdružování melodií do skupin, které lze rozpoznat převážně podle posledního tónu melodií a jejich rozsahu, avšak u kterých také neznáme principy, jak melodií náležící do daného modu spolehlivě zkonstruovat, a síla vztahu mezi modalitou a konstrukcí celých melodií také není jasná.

Proč segmentace? Od 20. let 20. století existuje teorie tzv. *centonizace*, která tvrdí, že chorální melodie lze charakterizovat jako posloupnosti určitých (relativně) pevných melodických jednotek, a modalitu lze vyjádřit jako osm množin – „slovníků“ – těchto jednotek. Jako taková je sice tato teorie v muzikologii převážně odmítaná, nicméně pozorování, že existují určité opakující se melodické motivy platí, a především: dosavadní výzkum v této oblasti neměl k dispozici data a nástroje, jak tvrzení s širokou platností prokazovat a vyvracet. Vzhledem k tomu, že díky databázi Cantus jsou dnes k dispozici desítky tisíc ručně přepsaných a zkontrolovaných strojově čitelných melodií, naskytla se zde příležitost se s teorií centonizace, a šířeji s otázkami stavebních jednotek gregoriánských melodií, vypořádat ve velkém měřítku.

Proč unsupervised metody? Z muzikologického výzkumu provozování chorálu je také známo, že se jednalo o tradici předávanou do velké míry ústně – zpěváci chorálu uměli repertoár o velikosti mnoha tisíc melodií z paměti, psané prameny se používaly především jako kontrola při výuce melodií. Tato skutečnost motivuje k hledání segmentace jako něčeho statisticky optimálního,

například s použitím Minimum Description Length principu či metod hledání segmentace jakožto optimalizace perplexity, a tedy jazykového modelování. Autor práce se na základě studia literatury unsupervised segmentace rozhodl pro použití neprametrických Bayesovských modelů.

Z výše uvedeného je snad zřejmé, že se jedná o obtížnou, ambiciózní práci, která navíc vyžaduje značnou míru porozumění jinému oboru – gregorianistice. Navíc nedostatečná hudební teorie chorálu vede k tomu, že není žádná jasná segmentační evaluační metrika, a pro vhled do chování modelů je nutné evaluační postupy navrhnout. (Důležité jsou získané poznatky o zkoumané látce, nikoliv jen optimalizace jednotlivých kritérií.) Není také vůbec zřejmé, jestli zvolený model povrchové segmentace má šanci najít skutečně adekvátní charakterizaci gregoriánské modalitě a melodiky obecně, nicméně i negativní výsledek je v tomto směru užitečný vhled do doposud nedostatečně probádané problematiky.

**Shrnutí obsahu.** Práce je prvním pokusem najít statisticky optimální segmentaci gregoriánských melodií. Používá existující datovou sadu CantusCorpus v0.2, v současnosti největší dostupnou sadu strojově čitelných gregoriánských melodií, a používá zatím nejdůslednější předzpracování. Navrhuje baterii evaluačních postupů, na základě kterých získat vhled do vhodnosti jednotlivých modelů pro segmentaci chorálu, a následně do vlastností takto získávaných segmentací, především ve vztahu k chorální modalitě.

Na základě literatury vybírá z možných metod unsupervised segmentace neprametrické Bayesovské metody – unigramový model podobný Dirichletovského procesu, a hierarchický Pitman-Yorův proces pro jazykové modelování (HPYLM), a pro srovnání s hlubokým učením (pro jehož aplikaci se však datová sada ukázala jako příliš malá) BERT. Součástí adaptace HPYLM jsou i změny v parametrizaci priorů oproti původnímu článku (segmentace čínštiny).

Vyhodnocení pokusů je nejkomplikovanější část práce. Autorovi se dle mého názoru dostatečně přesvědčivě podařilo vyargumentovat řadu poznatků: zamítnout hypotézu o optimalitě segmentace melodií podle textových hranic (v příbuzné literatuře), charakterizovat chorální modalitu jako fenomén korelovaný s výstavbou melodií, ale především v jejích začátcích a koncích, a v neposlední řadě přinést zatím nejsilnější indikátor, že centonizační teorie není adekvátní pro popis výstavby chorálních melodií. Krom toho dosáhl state-of-the-art výsledku v dílčí úloze klasifikovat melodie do jednotlivých modů.

**Struktura textu.** Práce obsahuje celkem 7 číslovaných kapitol. Po úvodu, který obsahuje motivaci pro celou práci, první kapitola představuje nezbytný kontext o zkoumaném materiálu – gregoriánském chorálu, druhá kapitola uvádí druhý pilíř práce – použité statistické metody, a třetí přináší přehled relevantní literatury z obou těchto kontextů (které pro toto téma není mnoho). Čtvrtá kapitola popisuje použitou datovou sadu a pátá evaluační postupy. Jádrem práce je šestá kapitola, ve které jsou popsány konkrétní použité modely, a sedmá, která obsahuje naměřené výsledky. Závěr přináší z analýzy výsledků vzešlé poznatky a nastiňuje další možnosti výzkumu

(především interdisciplinární spolupráci s muzikology). Práce je psaná kvalitní, srozumitelnou angličtinou. Ojedinele se vyskytují drobné chyby (např. před rovnicí 6.1: "Formerly" místo "Formally").

**Průběh prací.** Autor na tématu pracoval intenzivně tři semestry. Během řešení práce a především přípravy evaluace, experimentů a jejich vyhodnocování byl velmi iniciativní (např. pokusy s BERT přinesl prakticky rovnou hotové). Především oceňuji rostoucí schopnost diskutovat interpretace výsledků pokusů, což je v kontextu digitálních humanitních věd mimořádně důležité (a obtížné). S jeho přístupem k práci a výzkumu obecně jsem velmi spokojen.

**Celkové hodnocení.** Autor se s atypickým a obtížným tématem vypořádal dle mého názoru výborně. Do problematiky gregoriánského chorálu pronikl do dostatečné hloubky na to, aby např. odhalil metodologickou chybu v předchozím state-of-the-art výzkumu (kterou autor tohoto posudku sám dříve nepostřehl). Práce zcela splnila zadání a přinesla řadu postřehů o chorální melodice a modalitě opřených o výsledky naměřené na objemech dat o dva řády větších, než dosavadní výzkum, a mimo jiné state-of-the-art model pro sdruženou segmentaci melodií a klasifikaci melodií do modů. Přínosem je též zrychlená Pythonová reimplementace hierarchických Pitman-Yor procesů.

Na základě dílčích výsledků byla jedna publikace odeslána k recenznímu řízení na digitálně-muzikologické konferenci DLfM 2023, a autor se bude snažit hlavní zjištění práce proměnit v časopisový článek.

Celkově práci srdečně doporučuji k obhajobě. Dotazy žádné nemám.

**Práci doporučuji k obhajobě.**

**Práci navrhuji na zvláštní ocenění.**

Práce si dle mého názoru zaslouží být alespoň zvažena jako kandidát na ocenění. Digitálně-humanitní kontext aplikace statistických metod, který vyžaduje jejich pečlivou interpretaci, práci činil mimořádně náročnou, a autorovi se přesto podařilo dojít ke zjištěním relevantním pro některé fundamentální otázky gregorianistiky jako takové. (Nepřímo práce také dokládá, že studium na MFF UK vybaví absolventa kvalitním intelektuálním aparátem pro práci relevantní i pro velmi vzdálený obor.)

V Praze dne 25. 8. 2023

Podpis: