

MASARYKOVA UNIVERZITA
FILOSOFICKÁ FAKULTA
ÚSTAV HUDEBNÍ VĚDY
HUDEBNÍ VĚDA

Bakalářská diplomová práce

Intervalový zápis hudby

Vít Baisa

jaro 2008

Vedoucí práce:
prof. PhDr. Miloš Štědroň, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že tato bakalářská práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Všechny zdroje, prameny a literaturu, které jsem při vypracování používal nebo z nich čerpal, v práci řádně cituji s uvedením úplného odkazu na příslušný zdroj.

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval prof. Miloši Štědroňovi za laskavé svolení s vedením této práce a za ochotu a rady při jejím vytváření. Janu Přehnalovi za to, že mě naučil milovat hudbu, mým rodičům za jejich podporu a v neposlední řadě mé přítelkyni, se kterou je vše krásnější.

Obsah

1	Úvod	1
2	Intervalový zápis hudby	3
2.1	Dostupná literatura	3
2.2	Definice	4
2.3	Vlastnosti intervalových řad – jednohlas	6
2.4	Vícehlas, polyfonní hudba	15
2.5	Přednosti intervalového zápisu hudby	17
2.6	Omezení intervalového zápisu hudby	18
3	Intervalový zápis a hudební analýza	19
3.1	Definice hudební analýzy	19
3.2	Formální metody hudební analýzy	19
3.3	Vhodnost intervalového zápisu	21
3.4	Počítačem podpořená hudební analýza	23
4	Intervalový zápis hudby a srovnávací hudební věda	26
4.1	Definice	26
4.2	Použití intervalového zápisu	26
4.3	Počítač a srovnávací hudební věda	28
4.4	Role počítače v hudební komparatistice	30
5	Závěr	31
	Literatura	35
	Zajímavé odkazy	38

Kapitola 1

Úvod

Východisko

Intervalový zápis hudby je pojem známý již několik desítek let. O problematice spojené s tímto zápisem existuje celá řada článků a studií. Většina z nich je však již více než 30 let stará. Zabývají se navíc převážně užitím intervalového zápisu v hudební analýze (formální metody hudební analýzy, kvantitativní analýzy aj.) či srovnávací hudební vědě (kódování incipitů atd.).

Hudba jako struktura

Hudba – ač umění »bezpojmové« – má jednu velmi příjemnou a pro nás důležitou vlastnost. Jedná se o strukturu, která se snadno popisuje. Sochaři, malíři a jiní tvůrčí umělci mají v tomto směru značnou nevýhodu. Neexistuje totiž přesný popis obrazu nebo sochy – tím je pouze dílo samotné, zatímco hudbu (jako znějící fenomén) lze přesně popsat notovým zápisem.

Neodpustím si na tomto místě srovnání hudby s přirozeným jazykem. Ten je schopen vyjadřovat velmi složité výrazy a myšlenky pomocí několika málo znaků (abecedy). Skládáním písmen abecedy vznikají slova, slova tvoří věty atd. Podobně je tomu v hudbě. Za pomoci značně omezeného materiálu (slyšitelné tóny) dokáže skladatel vytvořit strukturně velmi komplikované dílo.

Cíle práce

V rámci práce se pokouším s pomocí vlastních znalostí o aktualizaci některých poznatků, především však o celistvý popis vlastností intervalových řad a řešení některých problémů spojených s intervalovým přepisem. Vlastnosti intervalových řad popisují na základě vlastních pozorování. Metody přepisu přejímám většinou z práce [5].

Pokládám si dále za úkol popsat výhody (případně nevýhody) použití intervalového zápisu v hudební analýze a srovnávací hudební vědě.

Zajímá mě také, nakolik by se mohl uplatnit počítač v rámci hudební analýzy (případně srovnávací hudební vědy). Intervalový zápis svou jednoduchostí přímo vybízí k použití počítače. Na základě zkoumání jednoduché struktury (posloupnosti čísel) se dají odvodit zajímavé výsledky, je však nutné počítači stanovit pevnou úlohu (příprava, třídění, vyhledávání, zpracování materiálu) a jasně rozlišovat mezi počítačovou a počítačem podpořenou (*computer-aided*, *computer-assisted*) hudební analýzou.

Chtěl bych ukázat, že počítač může být i pro muzikologa užitečný pomocník. Například pramennou práci za nás samozřejmě neudělá, ale je schopen pracovat neuvěřitelně rychle s obrovskými objemy dat – a toho bychom měli umět využít.

Abychom však mohli počítač využívat pro naše účely, musíme pro něj připravit data. Zatím totiž neumí pracovat s empirickými údaji, na které jsme jako muzikologové zvyklí. Veškeré formalismy zaváděné v této práci mají tedy své opodstatnění.

Stručný obsah práce

V první kapitole se věnuji popisu intervalového zápisu hudby. Jak se dá definovat, jak se vytváří a jaké má vlastnosti. Uvádím jeho výhody a nevýhody, nemožnost použití pro určité druhy hudby atd.

Druhá kapitola se zabývá použitím intervalového zápisu hudby v hudební analýze. Ukazují možnosti, které tento zápis skýtá, vhodnost použití, ale i jeho velká omezení. Popisují některé metody formální analýzy (zvláště kvantitativní) s využitím počítače.

Třetí kapitola zahrnuje úvahy o použití intervalového zápisu ve srovnávací hudební vědě, kde se podle mě nejvíce projeví jeho přednosti. Ukáží, co může nabídnout aplikace poznatků z jiných vědních odvětví na zkoumaný materiál a jakou roli by mohl hrát počítač ve srovnávací hudební vědě.

Na závěr práce, v sekci Příloha, komentuji některé pomůcky, které jsem využil při vytváření této práce a které si podle mě zaslouží pozornost hudebního vědce.

Kapitola 2

Intervalový zápis hudby

2.1 Dostupná literatura

Z česky psaných se zmíním o knize Aloise Piňose *Tónové soustavy* ([6]) a studii Jiřího Ráclavského *Explikace pojmu tónové skupiny v teorii množin* ([9]), kterou navazuje na práci Piňosovu. Tyto dvě studie jsou však poněkud formálnějšího a obecnějšího charakteru. Studují melodické útvary jako množiny tónů a zkoumají vlastnosti těchto množin.

Další práce lze nalézt například ve sborníku *Nové cesty hudby*, konkrétně se jedná o tři kapitoly od Aloise Piňose, Eduarda Herzoga a Jiřího Jana ([7]). Ty se zabývají speciálními melodickými řadami – vyváženými intervalovými řadami.

Několik souvisejících příspěvků bylo publikováno i ve sborníku *Lidová píseň a samočinný počítač I–III* ([16], [14], [15]). Další příspěvky ve sborníku spadají většinou do oblasti folkloristiky a etnomuzikologie. Mimo hudební komparatistiku se zabývají i analýzou textové složky, která je s lidovou písní pevně spjata.

Z hudebně analytických prací vybírám například knihu Jitky Ludvové *Matematické metody v hudební analýze* ([8]) nebo článek Miloše Štědrone *Možnosti intervalové a melodické analýzy* ([11]).

Ze zahraničních publikací zmíním pouze publikaci *Thesaurus of Scales and Melodic Patterns* od Nicolase Sloninského (New York, 1947). Ta obsahově souvisí s pracemi Piňose a Holého. Dále pak *Elektronische Datenverarbeitung in der Musikwissenschaft* ([12]), která obsahuje popis několika aplikací elektronického zpracování dat v hudební vědě. Musím ale opět poukázat na datum vydání – 1967.

K některým z výše uvedených prací se podrobněji vrátím později. Nyní přejdu k definování ústředního pojmu.

2.2 Definice

Uvažujme nyní klasickou 12tónovou soustavu. Nechť dále melodie je posloupnost tónů t_0, t_1, \dots, t_n (kde $n \in \mathbb{N}$), jež mají určité tónové výšky. Prvek t_i odpovídá libovolnému tónu soustavy. Kvůli formální definici jej budeme chápat jako přirozené číslo, abychom mohli pracovat s definicí intervalu jako rozdílu číselných hodnot dvou tónů.

Pro jednoduchost položíme C_2 (C subkontra) rovno 0. Toto přiřazení nikterak neovlivní výsledný intervalový zápis. Problém může nastat, pokud se v přepisované melodii vyskytne tón nižší než C_2 . Obecně tedy můžeme postupovat tak, že přiřadíme nejnižšímu tónu použitému v melodii číslo 0.

Intervalový zápis melodie $t_0 \dots t_n$ je posloupnost celých čísel $\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_{n-1}$, kde $\delta_i \in \mathbb{Z}$ a $\delta_i = t_{i+1} - t_i$ pro $0 \leq i < n$.

Připomeňme, že celá čísla \mathbb{Z} jsou 0, 1, -1, 2, -2, ... a přirozená \mathbb{N} 0, 1, 2, ... Intervalu primy odpovídá 0, intervalu malé sekundy 1 atd. δ_i tedy vyjadřuje počet půltónů mezi dvěma tóny t_i a t_{i+1} dané melodie. Pro větší přehlednost budeme zapisovat před kladnými čísly a nulou znaménko + a před zápornými -.

Pracujeme zde s poněkud zjednodušenou definicí melodie. *Slovník české hudební kultury* definuje melodii následovně: »Melodie je hudební jev vytvářený tzv. melickou vazbou, tedy horizontální vazbou 1. stupně, do níž vstupují tóny některými svými parametry (primární je kvalita výšky, dále moment trvání, akcentace apod.); varietou dosaženou v parametru tónové výšky je dáno i uspořádání vzniklého útvaru vzhledem k vertikále v tzv. tónovém prostoru. Z hlediska velikosti hudebních struktur se melodie zpravidla jeví jako mesostruktura, výjimečně i jako mikrostruktura či makrostruktura (tzv. "nekonečné melodie").« ([3], Jaroslav Volek a Jiří Vysloužil, heslo melodie, str. 544).



Obrázek 2.1: J. S. Bach – *Passacaglia c moll* BWV 582, téma.

Notový zápis tématu *Passacaglie c moll* z obrázku 2.1 převedeme na posloupnost čísel (intervalů): +7 -4 +2 +2 +1 -3 +2 -5 +1 -4 +1 -7 +2 -7.

Intervalový zápis zřejmě abstrahuje od rytmu. Jelikož si všímáme pouze tónových výšek, veškeré informace o rytmu (taktu, tempu) se ztrácí. Přicházíme tím o podstatnou část informací – je to daň za jednoduchost zápisu, nicméně tím neztrácíme na vyjadřovací síle. Jak uvidíme později, jsou skladby intervalovým zápisem určeny jednoznačně. Dostatečně dlouhá intervalová řada totiž přesně určuje konkrétní dílo.

Jisté ospravedlnění této abstrakce budiž část definice melodie výše: »primární je kvalita výšky«.

Intervalová struktura obou motivů (a a b z obrázku č. 2.2) je shodná, proto i příslušné intervalové řady se budou shodovat (-1 +1 -5 +2 +2 +1).



Obrázek 2.2: Dvě melodie lišící se rytmem a taktem.

Dále tento zápis abstrahuje od absolutní výšky melodie, respektive jednotlivých tónů. Intervalovým zápisem tedy nerozlišíme dvě melodie, které se liší pouze transpozicí.



Obrázek 2.3: J. S. Bach – *Fuga C dur* BWV 564, hlava tématu.

První motiv *a* z obrázku 2.3 se přepíše na posloupnost $+4 -2 +2 -4 +4 -4$. Tato posloupnost intervalů odpovídá i přepisu motivu *b*.

Zde vyvstává otázka, nakolik můžeme prohlásit dvě melodie lišící se pouze absolutní výškou za různé. Samozřejmě, že v rámci jedné skladby se dva výskyty jednoho tématu (motiv) v různých transpozicích považují za dva různé prvky celku, ale pokud si vezmeme na jedné straně určitou skladbu a na druhé straně její přetransponovanou verzi, z hlediska hudební struktury (nikoli zvukově) jsou si tyto dvě skladby rovny. Z tohoto důvodu pro nás není ztráta informace o absolutní výšce podstatná.

Intervalový zápis abstrahuje také od dynamiky. Z intervalové řady nepoznáme, který tón se má hrát *forte* nebo *pianissimo*. Navíc čísla řady odpovídají intervalům a ty žádný údaj o síle tónů nenesou. Ospravedlnění tohoto odhlížení čteme v [8] (str. 27): »Oblast dynamiky je ovšem z hlediska analytické praxe nevýhodná. Dynamická označení zůstávají vzhledem ke konkrétní realizaci relativní, abeceda není stejnorodá a kvantitativní přístup nemá rozumné opodstatnění. Pro praktickou aplikaci zůstává atraktivní pouze parametr tónové výšky a rytmus.«

Tento zjednodušený zápis melodie by sám o sobě nebyl k ničemu, můžeme však ukázat, že intervalové řady vykazují některé velmi zajímavé vlastnosti, které se dají využít v hudební analýze a srovnávací hudební vědě.

Jiné zápisy melodie

Intervalový zápis není jedinou možností, jak přepisovat a »kódovat« hudbu. V minulosti byly vyvinuty i jiné metody »kódování« hudebního zápisu. Jako příklad uvádím DARMS (Digital Alternate Representation of Musical Score) ([20]), MIDI (Musical Instrument Digital Interface) – vůbec nejpoužívanější

(viz sekci Příloha, str. 40) a M-ALMA-72 (Modified Alphanumeric Language for Music Analysis) (viz [16], str. 26) vyvinutý v Bratislavě v 70. letech.

Hudba se dá kódovat mnoha způsoby. Sofistikovanou metodou je například zápis notace v systému Lilypond. Viz sekci Příloha na str. 39.

Další příklady lze nalézt například ve výše zmíněné publikaci *Elektronische Datenverarbeitung in der Musikwissenschaft*. Zajímavou koncepcí popisuje Thomas E. Binkley – používá v ní binární kód pro přepis notového zápisu. Pracuje i s přepisem polyfonní hudby ([12], od str. 1). Ve stejné publikaci je popsán jiný kód pro přepis gregoriánského chorálu a další.

2.3 Vlastnosti intervalových řad – jednohlas

Pro zkoumání vlastností intervalových řad existují dva přístupy – pohledy. Jeden vede od melodie k intervalové řadě. V tomto případě se díváme, jak se projeví změny v melodii na intervalové řadě, která tuto melodii reprezentuje. Druhý pohled vede od intervalových řad k melodii. Zkoumáme posloupnosti čísel a jejich matematické vlastnosti. Na základě toho pak pozorujeme, jak se tyto vlastnosti projeví na melodii, které intervalová řada odpovídá. V dalším výkladu budeme používat první zmíněný přístup – budeme zkoumat, jak se projeví vlastnosti melodie na příslušné intervalové řadě.

Vlastnosti intervalových řad jsou nejvíce patrné na motivické práci s melodií. Vybírám příklady tak, jak je uvádí Luděk Zenkl v [1] (kapitola Práce s motivem a s tématem).

Opakování beze změn

Pokud se v rámci melodie zopakuje určitá její část, řekněme motiv, v intervalové řadě se zopakuje posloupnost čísel odpovídající tomuto motivu.



Obrázek 2.4: lidová píseň *Ovčáci, čtveráci*.

Výsledek přepisu melodie písně *Ovčáci, čtveráci* z obrázku 2.4 vypadá následovně: (+4 +3) -7 (+4 +3) -3 (+0 -2 +2 +1 -3) +2 (+0 -2 +2 +1 -3) +2 -2 -2. Opakující se posloupnosti jsou odděleny závorkou – odpovídají opakovaným motivům v melodii. Všimněme si, že ač se motivy opakují bezprostředně po sobě, v intervalové řadě se mezi ně dostane jeden interval – odpovídá kroku od posledního tónu motivu k prvnímu tónu opakovaného motivu.

Zenkl uvádí tyto případy opakování beze změn: »motiv se opakuje zcela přesně, nebo v jiné dynamice, v jiném tempu, v jiné harmonizaci, instrumentaci, s jiným doprovodem nebo způsobem přednesu, případně v transpozici

do vyšší nebo nižší polohy«. Žádná z těchto obměn neovlivní samotný intervalový průběh melodie, intervalová řada tedy bude obsahovat dvě a více stejných podposloupností čísel ([1], str. 36).

Opakování s většími změnami

Při opakování motivů s většími změnami záleží na míře těchto změn. Nahrazení jednoho tónu vyvolá v příslušné intervalové řadě změnu dvou čísel, jelikož jeden tón ovlivní dva po sobě jdoucí intervaly.



Obrázek 2.5: Příklad nahrazení jednoho tónu melodie.

Motiv *a* z obrázku 2.5 se od motivu *b* liší pouze jedním tónem. Zatímco motivu *a* odpovídá řada $-2 +2 -4 +4 -5 +5 -7 +7 (-8 +8) -7 +7 -5 +5$, motivu *b* odpovídá řada $-2 +2 -4 +4 -5 +5 -7 +7 (-9 +9) -7 +7 -5 +5$. Vidíme, že se změnou jednoho tónu se změní dvě čísla (jsou uzavřena) v řadě.

Při změně více tónů dochází k více změnám také v intervalové řadě.

Například změna tónorodu mění podstatně charakter melodie – podstatně se tedy mění i příslušná intervalová řada. Pokud bychom zaznamenávali absolutní výšky tónů (absolutní v rámci tóniny – I. stupeň, VII. stupeň apod.), změna tónorodu ovlivní zejména III., případně i jiné stupně. Jelikož si ale všímáme pouze intervalů, vliv změny tónorodu na intervalové řady je podstatně větší, neboť se mění veškeré intervaly, které mají jako jeden ze svých krajních tónů ten tón, který je ovlivněn změnou tónorodu. Viz příklad na obrázku č. 2.6.



Obrázek 2.6: Změna tónorodu.

Zatímco stupnici *a* odpovídá řada $+2 +2 +1 +2 +2 +2 +1$, stupnici *b* řada $+2 +1 +2 +2 +1 +2 +2$. V tomto případě se zdá být rozdíl malý, ale došlo ke změně 4 intervalů (ze 7).

Jsou však ale i takové změny (ač relativně jednoduché), které intervalový zápis nikdy neodkryje.



Obrázek 2.7: Chorál *Ktož jsú boží bojovníci*

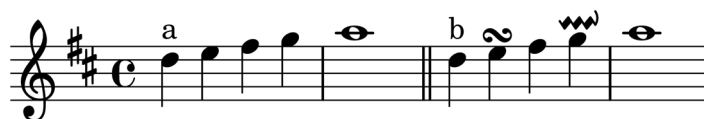
Motivická práce s tématem husitského chorálu *Ktož jsú boží bojovníci*, kterou použil Bedřich Smetana v symfonické básni *Tábor*, je intervalovým zápisem nepostihnutelná. Na obrázku 2.7 vidíme, že intervalová struktura se v části *b* změnila natolik, že pouze na základě vlastností intervalových řad k sobě tyto dvě části nepřiradíme.

Později však uvidíme, že za pomoci některých technik k sobě i tyto relativně odlišné motivy budeme moci přiřadit.

Je to způsobeno tím, že se z melodie použije pouze její rytmická složka. Tu nejsme schopni intervalovým zápisem zachytit.

Ozdobování

Ozdobování melodie je částečně závislé na interpretaci. Při přepisu melodie s ozdobami můžeme postupovat tak, že nejdříve ozdoby odstraníme, a poté provedeme přepis. Pokud si totiž všimáme ozdobené melodie po stránce intervalové, liší se od původní natolik, že je k sobě jednoduše nemůžeme přiřadit.



Obrázek 2.8: Ozdobení melodie.

Ozdoby se mohou interpretovat různě, proto je otázka, jak vůbec přepsat takto ozdobenou melodii. Jeden z přepisů motivu *b* na obrázku 2.8 by mohl vypadat např. takto: $(+2) +2 -2 -2 +2 (+2 +1) +2 -2 +2 -2 +2 \dots -2 +2 -1 +1 (+2)$, zatímco přepis motivu *a* odpovídá řadě $+2 +2 +1 +2$. Všimněme si, že původní řada je v řadě odpovídající ozdobeného motivu obsažena – příslušná čísla jsou uzávkovaná.

Nebudu zde komentovat, jak jednotlivé ozdoby ovlivní intervalový průběh melodie. Odkáži pouze na stručný a přehledný seznam různých ozdob v publikaci [2]. Laskavý čtenář si jistě sám odvodí změny intervalových řad v konkrétních případech.

Komplikace při porovnávání intervalových řad ozdobených melodií jsou způsobeny abstrakcí intervalového zápisu od časových délek. Ozdoba totiž může mít relativně složitou intervalovou strukturu, ale jelikož z intervalového zápisu nepoznáme, že příslušné tóny zazní (často) ve velmi krátkém časovém úseku (respektive v krátkých délkových hodnotách), nemůžeme pomocí něj rozlišit, jestli se jedná o podstatnou část melodie nebo pouze o melodickou ozdobu.

S tímto problémem se lze snadno vyrovnat. V notovém zápisu se melodické ozdoby značí speciálními symboly nad notami. Při přepisu z not od nich proto můžeme jednoduše odhlédnout.

Augmentace a diminuce

Jestliže v předchozím bodě způsobilo abstrahování od rytmu a absolutního času melodie potíže, u augmentace a diminuce se projeví jako výhoda. Díky němu totiž augmentace ani diminuce výslednou intervalovou řadu nijak neovlivní. To se na první pohled zdá jako nechtěná vlastnost, ale pokud chceme indikovat motivickou práci pomocí intervalových řad, tato vlastnost se nám hodí. Co na první pohled nemusí být zřejmé z notového zápisu, z intervalových řad přímo »křičí«.



Obrázek 2.9: Příklad augmentované melodie – *In dulci jubilo*.

Augmentace spočívá v prodloužení všech tónových délek v určitém poměru (dvojnásobné prodloužení bývá nejčastější).

Příklad augmentace vidíme na obrázku 2.9. Část *b* odpovídá dvojnásobné augmentaci melodie (*a*) vánočního chorálu *In dulci jubilo*. Příslušná intervalová řada pro obě části: +4 +1 +2 +2 -2.

Diminuce je naopak zkrácení tónových délek. Podrobněji o obou viz [1] (str. 39).

Příklad diminuované melodie (téma fugy na obrázku 2.10) vidíme na obrázku 2.11. V obou případech bude výsledná řada vypadat takto: +7 -4 -3 -1 +1 +2 +1 +2 -2 -1 -2.



Obrázek 2.10: J. S. Bach – *Umění fugy* BWV 1080, hlavní téma.

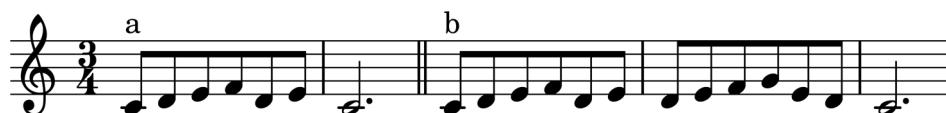
Rozšíření

Při rozšíření melodie dochází k obohacení melodie vložení několika tónů. Tyto tóny mohou být přidány do libovolného místa melodie.

Vkládáme-li tóny $t_n \dots t_m$ mezi tóny t_k a t_{k+1} , nahradíme interval (jemu odpovídající celé číslo) mezi t_k a t_{k+1} touto posloupností čísel: hodnota intervalu $t_n - t_k$, intervalová řada odpovídající zápisu melodie $t_n \dots t_m$, hodnota intervalu $t_{k+1} - t_m$.



Obrázek 2.11: J. S. Bach – *Umění fugy*, diminuované téma.



Obrázek 2.12: Původní a rozšířená melodie.

Z popisu úpravy intervalové řady je zřejmé, že součet vložené intervalové řady bude odpovídat původnímu intervalu mezi tóny t_k a t_{k+1} .

V našem případě na obrázku 2.12 motivu *a* odpovídá řada $+2 +2 +1 -3 +2 -4$ a rozšířenému motivu *b* řada $+2 +2 +1 -3 +2 (-2 +2 +1 +2 -3 -2 -2)$. Uzávorkovaná část byla vložena – její součet je roven -4 , což je původní interval, který byl nahrazen.

Krácení

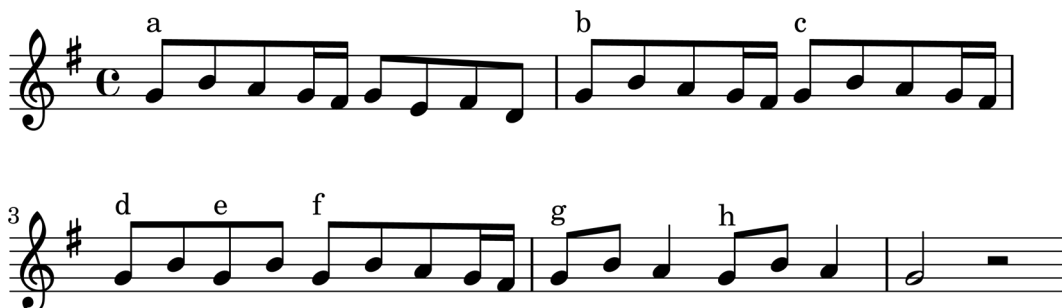
Krácení je proces opačný k rozšíření. Jelikož při něm vyjímáme některé tóny melodie, dochází ke snížení počtu intervalů.

Odstaníme-li z melodie jeden tón, příslušnou intervalovou řadu upravíme sečtením intervalů přilehlých k tomuto tónu. Označme původní řadu $(\delta_i)_{i=0}^{n-1}$ a odstraněný tón t_m . Výsledná intervalová řada $(\gamma_i)_{i=0}^{n-2}$ bude vypadat následovně: $\gamma_i = \delta_i$ pro $0 \leq i < m - 1$, $\gamma_{m-1} = \delta_{m-1} + \delta_m$ a $\gamma_i = \delta_{i+1}$ pro $m \leq i < n$.

Při odstranění více tónů lze postupovat induktivně podle výše uvedeného návodu.

Dělení

Motiv se rozdělí a opakují se pouze jeho dílčí části. Pokud tedy melodie obsahuje dělení, intervalová řada bude obsahovat podposloupnosti odpovídající částem melodie.



Obrázek 2.13: Příklad dělení motivu.

Příklad na obrázku 2.13 nám poví víc. Intervalový zápis vypadá takto: (+4 -2 -2 -1 +1 -3 +2 -4) +5 (+4 -2 -2 -1) +1 (+4 -2 -2 -1) +1 (+4) -4 (+4) -4 (+4 -2 -2 -1) +1 (+4 -2) -2 (+4 -2) -2. Uzávorkované části odpovídají postupně úsekům motivu označených *a, b, c, d, e, f, g* a *h*.

Rak

V případě račí transformace se motiv zapíše od konce. Dojde ke dvěma změnám. Ze všech vzestupných intervalů se stanou sestupné (velikost zůstane zachována) a intervalová řada se převrátí – čte se od konce. Příklad na obrázku 2.14 vše ozřejmí.

Obrázek 2.14: J. S. Bach – Račí kánon z *Hudební obětiny* BWV 1079.

Račí transformaci melodie račího kánonu z obrázku 2.14 neuvádím – melodie se čte jednoduše od konce. Začátek melodie: +3 +4 +1 -9 +8 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1... Konec transformované melodie: ... +1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 -8 +9 -1 -4 -3.

Inverze neboli zrcadlo

Inverze se rozlišují na *přísné* a *volné*. *Přísná* inverze způsobí převrácení všech intervalů – ze vzestupných se stanou sestupné (prohodí se pouze znaménka čísel v řadě). Jejich pořadí a velikost zůstávají zachovány.



Obrázek 2.15: J. S. Bach – přísná inverze tématu *Umění fugy* BWV 1080.

Na obrázku 2.15 vidíme přísnou inverzi tématu *Umění fugy* z obrázku 2.10. Hvězdičkou je označena výjimka. Ze vzestupné velké sekundy se stala malá. Jinak je inverze přísná.

Volná inverze obrací směr intervalů, ale nezachovává přesně jejich velikost. Podrobněji o obou typech inverze viz [1] (str. 38).



Obrázek 2.16: Volná inverze.

Invertovaný rak

Kombinací račího postupu a inverze vzniká na první pohled velmi odlišná varianta původní melodie. Tóny melodie se zapíší od konce a vzestupné intervaly se zamění za sestupné. Výsledná intervalová řada tedy vznikne úpravou původní tak, že se pořadí čísel zapíše od konce. Tentokrát se ale nezmění znaménka u jednotlivých intervalů, neboť kombinujeme dvě »transformace« melodie. Rak by znaménka zaměnil, v kombinaci s inverzí se však tato změna »vyruší« a čísla intervalů pouze změní pořadí.



Obrázek 2.17: *Kočka leze dírou* a její račí inverze.

Melodii písně *Kočka leze dírou* z obrázku 2.17 odpovídá řada $+2 +2 +1 +2 +0 +2 +0 -2 -2 +0 +0 +0 -1 +0 -2 +0 -2$, račí inverzi pak řada $-2 +0 -2 +0 -1 +0 +0 +0 -2 -2 +0 +2 +0 +2 +1 +2 +2$. Liší se tedy pouze opačným pořadím intervalů.

Opakování tónů

Pokud se v melodii opakuje n stejných tónů po sobě, v intervalové řadě se objeví $n - 1$ nul po sobě.



Obrázek 2.18: Petr Skoumal – melodie ze *Včelích medvídků*.

Ústřednímu motivu hudby k večerníčku *Včelí medvídci* odpovídá intervalová řada $+0 +0 -2 -1 +0 +0 -2 -2 +2 +2 +3 +0 +0 -2 -1 +0 +0 -2 -2 +2 -7 +7 +2 +1 (+0 +0 +0 +0) -1 -2 -2 +2 +0 +2 +1 -1 +1 -1 -2 +2 -4$. 5x opakovanému tónu f' odpovídají čtyři (uzávorkované) nuly.

Imitace

Imitace je skladebná technika, která se používá v polyfonní hudbě. Motiv v určitém hlasu se může objevit i v jiných hlasech a to buď ve stejné podobě, nebo s drobnou úpravou. Tyto úpravy jsem popsal výše.

Jelikož jsme se zaměřili zatím pouze na zkoumání jednoduché melodie – jednohlasu, imitace je nepostihnutelná. Musíme umět zapisovat polyfonní hudbu, abychom imitace odhalili. K problematice zápisu polyfonní hudby se vrátím později.

Součet intervalové řady

Doposud jsem se díval na intervalový zápis ve směru od melodie k intervalovým řadám. Nyní si uvedeme zajímavou vlastnost, kterou lze pozorovat ve směru opačném.

Součet prvků intervalové řady odpovídající melodii, která začíná a končí stejným tónem, je roven 0. Tedy pokud $t_0 = t_n$, pak platí

$$\sum_{i=0}^{n-1} \delta_i = 0.$$

Pro zajímavost uvedu formální důkaz tohoto tvrzení. Prvky intervalové řady jsou celá čísla. Předpokládejme, že $t_0 = t_n$. Jelikož můžeme intervaly v řadě libovolně vzájemně prohazovat (jistě zachováme vlastnost, že první a poslední tón melodie bude po libovolném proházení totožný), přeřadíme intervaly tak, aby na začátku řady byla pouze kladná čísla (vzestupné intervaly) a na konci pouze záporná (sestupné intervaly). Takto uspořádaná řada představuje melodii, která vystoupá (klesne) od tónu t_0 k nejvyššímu (nejnižšímu) tónu řekněme t_k (tento tón nemusí být – a také často není – shodný s nejvyšším (nejnižším) tónem původní melodie) a odtud zase klesne (vystoupá) k tónu t_n . Tuto posloupnost můžeme redukovat ($t_0 = t_n$ stále platí) tak, že sečteme všechny vzestupné a sestupné intervaly. Mezi t_0 a t_n nyní leží pouze jeden tón – t_k . Platí (z definice intervalového zápisu) $t_n - t_k = \delta'_1$ a $t_k - t_0 = \delta'_0$, kde δ'_0 a δ'_1 jsou nové intervaly. Je zřejmé, že $\delta'_0 = -1 * \delta'_1$. Tedy $\delta'_0 + \delta'_1 = 0$. *Quod erat demonstrandum.*

Platí obecnější tvrzení – součet prvků intervalové řady odpovídá intervalové vzdálenosti mezi prvním a posledním tónem melodie.

Vidíme, že všechny obvyklé úpravy melodie se projeví v intervalových řadách jako relativně jednoduše pozorovatelné změny.

Výše popsané vlastnosti lze často odvodit přímo z notového zápisu. Mohou se zdát jako triviální. Jejich obrovská výhoda spočívá v tom, že je lze díky intervalovému zápisu jednoduše indikovat automaticky – strojově.

»Derivace« melodie

Přepis melodie do posloupnosti intervalů lze přirovnat k derivaci, tak jak ji známe z matematické analýzy. Jde o přírůstek tónové výšky za určitý čas (v našem případě konstatní délky, protože abstrahujeme od rytmu a tempa).

Tak jako v matematické analýze existují násobné derivace, tak i v našem případě můžeme přepsat posloupnost intervalů do posloupnosti čísel, která představuje rozdíly mezi po sobě jdoucími intervaly. Tato řada tedy představuje přírůstky velikosti intervalů. Součet absolutních hodnot této řady pak vyjadřuje jakousi míru proměnlivosti intervalů v řadě. Například druhou derivací chromatické stupnice získáme posloupnost nul. Součet řady je tedy 0, což není překvapivé – řada »1. derivace« chromatické stupnice obsahuje pouze jeden interval +1, míra proměnlivosti je nejnižší. Druhá derivace durové stupnice dá řadu +0 -1 +1 +0 +0 -1, součet absolutních hodnot je 3. Durová stupnice je totiž bohatší na intervaly než chromatická.

Řadám s různým intervalovým složením se u nás nejvíce věnoval již zmíněný Alois Piňos. Ve své práci [6] je charakterizuje a třídí velmi sofistikovaným způsobem.

Vzestupná a sestupná tendence melodie

Pokud sečteme hodnoty intervalů řady, získáme jediné číslo. To vyjadřuje intervalový postup od prvního tónu k poslednímu tónu melodie. Můžeme tak vlastně redukovat melodickou linku na pouhé jedno číslo. Pokud je kladné (resp. záporné), můžeme prohlásit, že melodie má vzestupnou (resp. sestupnou) tendenci.

Význam těchto dvou vlastností je diskutabilní. Chtěl jsem pouze ukázat, že na námi popsané struktuře lze provádět známé matematické operace (resp. jim podobné) a výsledek není vždy nesmyslný. Jistý smysl tyto informace mají.

Pro ukázkou použití vzestupné a sestupné tendence melodie v hudební analýze viz publikaci *Základy mikrotektoniky* ([10], str. 13).

2.4 Vícehlas, polyfonní hudba

Doposud jsme se zabývali přepisem jednohlasé melodie. Definice je jasná a spočítáme podle ní příslušné intervalové řady. Problém však může nastat, pokud chceme pracovat se složitějšími zápisy. V reálných situacích nám nepostačí pracovat s jednoduchými melodiemi. Chceme-li intervalový zápis využít v hudební analýze, musíme se vyrovnat i se zápisem složitějších hudebních struktur. V této části si ukážeme jak.

Přepis polyfonní hudby

Polyfonní hudba se skládá z jednotlivých melodických linek. Ty můžeme jednoduše přepsat podle výše uvedené definice. Problém spočívá v »zarovnání« výsledných intervalových řad pod sebe. Jelikož přepisem ztrácíme informace o rytmu a samotné intervaly nemají délku (ta je parametrem tónu, nikoli intervalu), jako možnost se hned nabízí intervalové řady jednoduše »vyskládat« pod sebe.



Obrázek 2.19: J. S. Bach – *Goldbergovy variace* BWV 988, 1. variace.

Jednotlivé hlasy z obrázku 2.19 přepíšeme jako jednohlas a jednoduše je položíme na sebe takto:

-1 +1 -5 +2 +2 +1 +2 +2 +2 +1 -1 +1 -5 +2 +2 +1 +2 +2 -4 +5 -1 +1 ...
+16 -2 +2 -4 -12 +12 -13 +12 -2 +2 -4 -8 +12 ...

Drobná komplikace může nastat pokud melodie nezačínají ve stejnou dobu taktu, tedy když jednotlivé hlasy nastupují se zpožděním, jako např. na obrázku 2.20.



Obrázek 2.20: J. S. Bach – *Temp. klavír* č. 2, Fuga č. 2 BWV 871.

Zarovnávání (synchronizace) řad odpovídajících melodiím na obrázku 2.20 by bylo zbytečné, intervalové řady tedy opět jednoduše položíme na sebe:

-4 +2 +2 -7 +5 -2 -1 +1 -1 -2 -1 -2 -2 +12 -2 -2 -1 -2
 -2 +2 +2 -7 +5 -2 -1 +1 -2 -2 -1 +5 -7

Obecně tedy při prepisu polyfonní hudby postupujeme tak, že jednotlivé hlasy přepíšeme podle definice intervalového zápisu a výsledné řady jednoduše seřadíme pod sebe.

Tento zápis je mnohem přehlednější než jakýkoli pokus o synchronizaci mezi jednotlivými hlasy. Jak uvidíme později, víc se hodí pro potřeby hudební analýzy a hudební komparistiky.

Na prepisu fugy z obrázku 2.20 si všimněme, že řady se liší (na začátku) pouze ve dvou číslech. Fuga způsobí tento jev v intervalové řadě a naopak intervalová řada ukazuje na motivické (fugové) zpracování skladby.

Přepis homofonní sazby – akordy

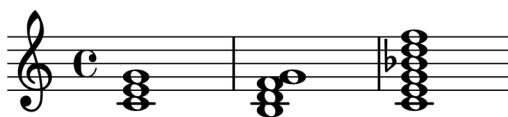
Na poněkud složitější situaci narazíme při prepisu homofonní sazby. Uvedu metodu, kterou jsem využil v práci [5]. Tento postup prepisu polyfonní hudby, kdy považujeme melodické a harmonické (současně znějící) intervaly za tožné, použil např. Hiller a Fuller ve studii *Structure and Information in Webern's Symphony op. 21* ([8], str. 52).

Intervalovou strukturu akordů jsme zvyklí popisovat zespodu. Například tónickému kvintakordu odpovídají dvě na sebe položené tercie – velká (+4) a malá (+3), můžeme jej tedy zapsat jako posloupnost těchto intervalů: +4, +3. Obdobně zapíšeme libovolný akord.

Každý akord má pevně danou intervalovou strukturu. Dokonce se podle ní akordy klasifikují, pojmenovávají a vyučují. Z intervalové řady odpovídající akordu tedy ihned zpětně rozeznáme jeho typ a obrat.

V průběhu psaní této práce jsem narazil v publikaci [6] na rozsáhlé pojednání o reprezentaci akordů (obecněji horizontálních skupin tónů) pomocí čísel. Autor v ní tuto problematiku zpracovává velmi zevrubně a zájemce proto odkazuji přímo na příslušnou kapitolu (od strany 59).

Výsledek prepisu akordů z obrázku 2.21: +4 +3, +3 +3 +2, +4 +3 +3 +4 +3.



Obrázek 2.21: Příklad akordů.

Mikrotonální hudba

Pro definici intervalového zápisu hudby jsem uvažoval obvyklou 12tónovou soustavu. Ta dělí oktávu na 12 zhruba (v závislosti na ladění) stejných částí – *půltónů*. Jeden půltón odpovídá intervalu malé sekundy a číslu ± 1 .

Nyní ukáží, že metoda intervalového zápisu je vhodná i pro jiné tónové soustavy. Tak například při přepisu hudby ve $\frac{1}{4}$ tónové soustavě budeme postupovat úplně stejně jako v předchozím případě, pouze prvky intervalové řady δ_i budou nyní čísla $0, -0.5, 0.5, -1, 1, -1.5, 1.5, -2, 2, \dots$

Veškeré operace, které jsem prováděl s intervalovým zápisem hudby ve 12tónové soustavě jsou použitelné i nyní. Platí i stejné vlastnosti.



Obrázek 2.22: Příklad mikrointervalové hudby.

Přepis jednoduchého příkladu $\frac{1}{4}$ tónové hudby z obrázku 2.22 dopadne takto: $+2.5 +1.5 +0.5 +2.5$.

2.5 Přednosti intervalového zápisu hudby

Intervalový zápis hudby získáme snadným přepisem z partitury. Pokud máme k dispozici zápis skladby ve vhodném formátu (elektronická partitura, soubor ve formátu MIDI, ...), je přepis dokonce plně automatizovatelný. Viz například [5].

Největší předností je jednoduchost struktury intervalových řad. Zatímco kompletní partitura sestává ze spousty prvků (klíče, osnovy, taktové označení, předznamenání, dynamická a artikulační znaménka, ...), výsledný přepis je (pro počítač) triviální posloupnost čísel.

Tyto přednosti se ukáží jako zásadní, pokud budeme uvažovat o počítačem podpořené analýze nebo srovnávací hudební vědě.

2.6 Omezení intervalového zápisu hudby

Intervalový zápis předpokládá obvyklou hudební strukturu. Tedy minimálně takový hudební materiál, který se skládá z melodických linek a ty zase odpovídají definici melodie. Pokud chceme postihnout čísla intervalové vztahy mezi jednotlivými tóny, musí mít určitou výšku.

Slovník české hudební kultury: »... Nezbytnou podmínkou melodické hudební strukturnosti je tónovost: pokud by v sukcesivně uspořádaném sledu zvuků převládaly non-tóny, nevyhodnotili bychom daný zvukový projev jako hudební melodii.« ([3], Jaroslav Volek a Jiří Vysloužil, heslo melodie, str. 544).

Setkáváme se však (a to zejména v tzv. Nové hudbě) i s takovými kompozicemi, které tomuto požadavku nevyhovují.

Konkrétní hudba využívá jako materiálu konkrétní zvuky z našeho okolí a ty nemusí mít (a často nemají) určitou výšku – jedná se o tzv. *hluky*. Navíc se s tímto materiálem může pracovat značně odlišně než je tomu například při motivické práci popsané výše. Těžko tedy budeme tuto strukturu zachycovat posloupnostmi čísel.

Jako další příklad uveďme hudbu *témbrovou*. Zde je intervalová struktura odsunuta do pozadí a jako hlavní výrazový prostředek slouží *témbr* – barva zvuku. Pokud v tomto případě lze vůbec vytvořit přepis melodie (je-li přítomna) na intervalovou řadu, nenese tato řada téměř žádnou důležitou informaci o hudební struktuře díla samotného.

Také *elektrofonická* (*elektronická*) hudba má často témbrový charakter a jako takovou ji nemůžeme pro přepis použít. Využívá takových zdrojů zvuku, které umožňují vytvářet těžce popsatelné hluky a šумы. Jelikož nemůžeme určit jejich absolutní výšku, nemůžeme tedy ani popsat tuto hudební strukturu pomocí intervalů.

Lze tedy (s jistou dávkou zjednodušení) tvrdit, že můžeme pracovat pouze s takovou hudbou, která se dá obvyklým způsobem zapsat do partitury – do not. Z takového zápisu totiž můžeme jednoduše určit konkrétní intervalové vzdálenosti. Naopak například z grafických zápisů kompozic Nové hudby tyto informace vyčíst jednoduše nelze. Dokladem tohoto tvrzení budiž citace z [8] (str. 27): »Objektem analýzy je výhradně notový zápis.«

Samozřejmě tím nepostihneme toto omezení přesně. Jistě najdeme elektrofonické skladby, které lze do intervalových řad přepsat a naopak najdeme skladby pro klasické hudební nástroje nebo hlasy, které jen stěží zapíšeme do partitury (*experimentální* hudba, hudba využívající neobvyklé způsoby hry na nástroje apod.).

Kapitola 3

Intervalový zápis a hudební analýza

3.1 Definice hudební analýzy

Podle *Slovníku české hudební kultury* »hudební analýzu chápeme jako kognitivně motivovaný rozklad hudební struktury na složky, tj. elementy, segmenty či substruktury, na vazby a postupy nesoucí funkční dění, na syntakticko-sémantické jednotky apod. Určením těchto dílčích momentů lze dospět i k poznání formově tektonických, druhových, žánrových, stylových, ale i sémantických a funkcionálně determinovaných rysů hudebního projevu.« ([3], Jiří Fukač, heslo analýza, str. 38).

Hudební analýza se může také zaměřovat na určité složky kompozice. V našem případě to bude intervalová struktura, budeme tedy provádět intervalovou analýzu.

3.2 Formální metody hudební analýzy

Formálních metod (metod využívajících poznatky různých matematických oborů – statistiky, pravděpodobnosti, teorie množin, teorie informace aj.) hudební analýzy existuje celá řada. Jako příklad uvedu již několikrát zmíněnou publikaci *Matematické metody v hudební analýze* ([8]), v které byly uplatněny konkrétně poznatky z teorie informace a teorie množin. Diplomová práce *Aplikace teorie množin v hudební analýze* ([22]) využívala stejných poznatků.

Formální metody intervalové analýzy

Je zřejmé, že pokud chceme použít pro analýzu formální (matematické) metody, musíme pracovat s matematickými objekty. A to složitě strukturované hudební skladby nejsou. Každá formální metoda si je tedy určitým způsobem zjednodušuje. Já k tomu volím právě intervalový zápis.

Kvantitativní analýza

Kvantitativní analýzou rozumíme takovou analýzu, která využívá metody založené na zkoumání (relativní nebo absolutní) četnosti výskytu určitých znaků. Roli hlavní metody hraje v tomto případě statistika.

Při použití matematických metod však musíme být velmi opatrní – jak při analýze, tak při následné interpretaci výsledků. Jitka Ludvová v [8] (str. 8–9) o kvantitativní analýze uvádí: »Tyto analýzy vycházejí ve všech případech z tradičního čtení hudebního textu a jejich kvantitativní charakter je dán tím, že závěrečné soudy o stylových a jiných vlastnostech díla jsou opřeny o vyčíslení četnosti výskytu tradičně chápaných jevů a kvalit. Silnou stránkou takových analýz je možnost vyčerpávajícího popisu některé ze složek hudební řeči. Nevýhodou je značná časová náročnost a poměrně omezený počet i rejstřík informací, jež jsou schopny poskytnout. Navíc někdy přinášejí nebezpečí záměny nejpočetnějšího jevu za typický, což lze překlenout jen velmi obezřetným dešifrováním výsledků.«

Jistě platí, že čím větší váhu mají v kompozici intervaly, případně tónové výšky, tím větší výpovědní hodnotu bude mít její intervalový zápis. Například intervalové zápisy Debussyho *Faunova odpoledne* a Webernovy *Symfonie Op. 21* se budou velmi lišit – zatímco z prvního zápisu nevyčteme příliš zajímavých údajů, druhý nám pomůže odkrýt některé na první pohled (a poslech) nepostřehnutelné jevy. Je to dáno tím, že hudební struktura je u Weberna mnohem důležitější, než u Debussyho.

Příslušné intervalové řady se liší výpovědní hodnotou. Budou se tedy lišit i statistické – kvantitativní údaje získané z intervalového zápisu.

Kvantitativní intervalová analýza

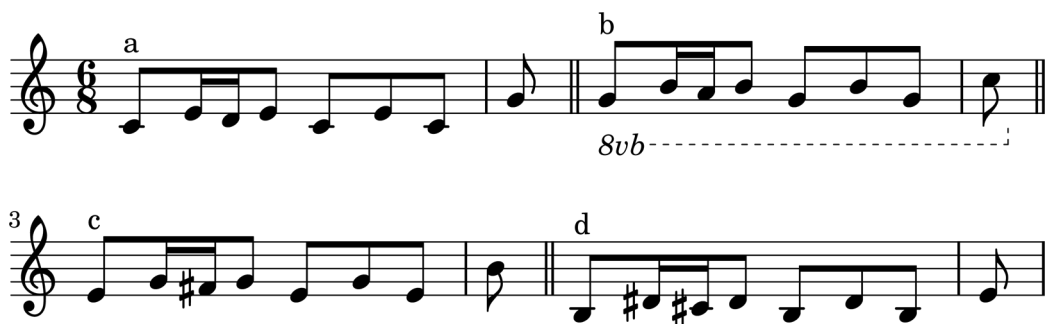
Pokud se zaměříme při vyčíslování prvků kompozice na intervalovou složku, můžeme mluvit o kvantitativní intervalové analýze.

Můžeme zkoumat četnost jak jednotlivých intervalů, tak i dvojic intervalů (tzv. *bigramy*), trojic (*trigramy*) atd.

Jako příklad kvantitativní intervalové analýzy zaměřené na výskyty jednotlivých intervalů mohu uvést například studii *K intervalovým charakteristikám jednotlivých rolí v Janáčkově opeře Věc Makropulos* Miloše Štědrone ve sborníku *Lidová píseň a samočinný počítač III* ([15]). Jako dílčí výsledek mohu uvést např. »Čistá prima (0) je nejčastějším intervalem vyskytujícím se ve vokální melodice opery Věc Makropulos. Tento interval výrazně převládá a je současně nejčetnějším u všech 12 rolí opery. . . .« ([15], str. 270).

Význam n -gramů (posloupností intervalů délky n) je následující. Četnost bigramů ukazuje, jaká kombinace dvou po sobě jdoucích intervalů je nejčastější. Stejně tak pro trigramy atd. Sestavíme-li si tabulku četností všech n -gramů, budeme například moci usoudit, zda byla skladba komponována imitační technikou. V tomto případě se totiž ve skladbě bude objevovat na více místech jedno téma – n -gram odpovídající tomuto tématu bude v tabulce četnosti výskytu zastoupen častěji než ostatní n -gramy.

Představme si například jednoduchou barokní fugu. Pokud vytvoříme tabulku četností n -gramů, ihned uvidíme, že se nám 2–4 n -gramy (kde n odpovídá délce tématu fugy) vyskytnou častěji, než ostatní. 2–4 z toho důvodu, že typická fuga obsahuje jak původní téma, tak i jeho variantu pro odpověď v druhém hlase (průvodčí, *risposta*), tak i téma v paralelní tónině a případně i příslušnou variantu pro druhý hlas (viz [23], část Fugová expozice a fugové provedení na str. 237 a 258). Tato 2–4 témata (která se liší často pouze jedním nebo několika málo intervaly – viz příklad na obrázku 3.1 a 2.20) se ve fuze objevují na více místech, jejich četnost je tedy vyšší než u ostatních n -gramů.



Obrázek 3.1: J. S. Bach – Fuga C dur, verze témat.

Teoreticky se může ve skladbě objevit i častější n -gram, než který odpovídá tématu, motivu. Může jít například o častou melodickou výplň, akordický doprovod aj. Zde může dojít k nesprávné interpretaci výsledků.

Určitě ale platí, že čím delší n -gram, tím menší výskyt. n -gram odpovídající celé skladbě (melodii, hlasu) bude v uvažované tabulce četnosti n -gramů zastoupen právě jednou.

Četnost výskytu n -gramů zjišťuje například Miloš Štědroň v článku *Možnosti intervalové a melodické analýzy* ([11], str. 207). Sleduje trigramy intervalů následujících po konkrétních intervalech, tedy vlastně.

3.3 Vhodnost intervalového zápisu

Jak jsem uvedl výše, vyjadřovací síla intervalového zápisu záleží mimo jiné na povaze hudebního materiálu. Uvažujme například notový zápis gregoriánského chorálu. Ten neobsahuje jiné prvky než tónové výšky. Rytmus ani

takt gregoriánský chorál nezná. Je tedy možno mezi daný chorál a jeho intervalovou řadu položit rovnítko.

To samozřejmě u jiného druhu hudby není možné. Míra významu intervalů v rámci jednoho díla se liší nejen sloh od slohu, ale dokonce skladbu od skladby. Zatímco gregoriánský chorál intervalová řada plně vystihuje, v *seriální* skladbě vyjadřuje pouze část všech stejně důležitých složek (rytmu, dynamiky atd.).

Miloš Štědroň o tom v *Základech mikrotektoniky* píše: »Analýza průběhu tónových výšek [...] je v různých historických údobích různě oprávněná ve vztahu ke struktuře celku. Dominantní faktor představuje např. u gregoriánského chorálu nebo u jednohlasé lidové písně, podstatným faktorem pro tektonickou organizaci bude v převážné většině méně komplikovaných skladeb 18. a 19. století, problematičtější bude v polymelodicky organizované hudbě 14.–16. století« ([10], str. 11–12).

Intervalová struktura se může stát dokonce skladebným principem. Skladatel Alois Piňos je toho příkladem. Daniel Forró například o jeho skladbě *Kantiléna pro magnetofonový pás* (1984) píše: »... Melodie byly vytvořeny na základě dvouintervalových tónových řad (z intervalů 1 2, 1 3, 1 4), které podléhaly dvanáctitónové organizovanosti. Byly uváděny ve stále nových tvarech (technika rotujícího krystalu).« ([24], str. 42). Dalším dokladem Piňosova zájmu o intervalové řady budiž skladatelova studie *Vyvážené intervalové řady* ([7], od strany 86).

Nyní ukáži, že libovolný intervalový zápis konkrétního díla toto dílo jednoznačně určuje. A to i přes všechny výše zmíněné abstrakce, ke kterým při přepisu dochází.

Nejednoznačnost (tedy situaci, kdy od sebe nerozeznáme intervalové řady dvou různých melodií) intervalového zápisu způsobuje především nedostačující délka intervalové řady. Čím delší řadu intervalů však uvažujeme, tím se její četnost mezi všemi možnými skladbami snižuje.

Intervalová řada o délce odpovídající celé melodické lince dané skladby již je natolik specifická, že pokud by existovala jiná skladba, která by tuto intervalovou řadu obsahovala, šlo by téměř jistě pouze o jiný zápis stejné skladby – ať už v jiné instrumentaci, v jiné aranži, jiné tónině atd.

Intervalová řada melodie druhých houslí z první věty 3. *braniborského koncertu* J. S. Bacha nemůže jistojistě odpovídat melodii jiné skladby. Obsahuje tolik intervalů, že to je (díky kombinatorice a pravděpodobnosti) nemožné.

Počet všech možných intervalových řad se dá lehce vyčíslit. Pro délku intervalové řady n a možnost výběru z 28 intervalů (omezíme-li se na intervaly v rozpětí sestupné oktávy a vztupné oktávy: $-12, \dots, +12$) máme 28^n možností. To je (pro $n = 10$) 296196766695424 možností. Přičemž 10tónová řada obvykle není ani polovina zápisu například lidové písně – ta je ve většině případů delší.

Shoda v deseti číslech nastane s pravděpodobností zhruba $\frac{1}{28^n}$. Což je pravděpodobnost hraničící s nulou. Takto vyčíslená pravděpodobnost není přesná, protože ne všechny řady jsou stejně pravděpodobné. Pokus o větší přesnost by mohl vypadat tak, že bychom uvažovali méně možných intervalů – obvyklé intervaly melodie jako $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 5, \pm 7$.

Větší skoky jsou méně časté a interval tritónu (± 6) se vyskytuje pouze zřídka. I tak by těchto řad bylo 61917364224 (při délce $n = 10$). A ani toto vyčíslení není úplně přesné, neboť například řada $+2 +2 +1 +2 -2 -1 -2$ je častější než řada $+7 +7 +7 +7 \dots$

Každopádně lze tvrdit, že (dostatečně dlouhý) intervalový zápis je naprosto jednoznačný.

Zjednodušeně by se dalo říct, že intervalový zápis jednoznačně kóduje veškerou hudbu, kterou je schopen popsat. Jednoznačnost intervalového zápisu ovšem neznamená, že plně popisuje kompletní strukturu celého díla. To ani nemůže. Intervalový zápis může sloužit hudební analýze, nicméně nemůžeme jej odtrhnout od díla jako takového.

Další zjednodušení intervalového zápisu

Pro některé účely lze intervalový zápis ještě zjednodušit. Stanislav Tesař v příspěvku *K možností využití samočinného počítače v hymnologii* ([14], str. 256) například uvádí: »Zkušenosti ukázaly, že pro repertoár 15. a 16. století není nutné rozlišovat jakost intervalů (např. jakost tercie) a opakování téhož tónu v melodii. I tak značná míra schematizace nesnižuje spolehlivost použitého systému.«

V práci [5] (str. 16) popisují ještě další možné zjednodušení intervalového zápisu. Mimo již zmíněné opakování tónů například eliminace skoků větších než oktáva.

Vypuštění opakování tónů se provede jednoduše tak, že z intervalové řady vyjmeme všechny nuly ($+0$). Eliminace skoků přes oktávu je také jednoduchá – čísla intervalové řady se jednoduše přepíše na zbytek po celočíselném dělení 12. Tedy například vzestupná duodecima ($+19$) se ve výsledku zapíše jako vzestupná kvinta ($+7$), neboť zbytek po celočíselném dělení $\frac{19}{12}$ se rovná 7.

3.4 Počítačem podpořená hudební analýza

Počítač se uplatňuje v hudební vědě zhruba od 40. let 20. století. V roce 1948 provedl G. K. Zipf intervalovou analýzu Mozartova *Koncertu pro fagot a orchestr B dur* ([17], str. 333), v letech 1947 a 1951 vytvořil A. I. McHose statistickou analýzu stylů 18. a 19. století (tamtéž, str. 333) atd.

Ze *Slovníku české hudební kultury*: »Po druhé světové válce vytvořilo sblížení muzikologie s kybernetikou [...] možnost tzv. bezezbytkové analýzy, tj. úplného zjišťování výskytu tónů, intervalů a dalších složek v hudební struktuře. Pro vyjádření analytických výsledků nabyly na významu postupy matematické formalizace a statistiky, značný vliv měly metody moderní lingvistiky, Ruwetova distribuionalismu atd. [...] Poměrně záhy byly aplikovány podněty kybernetiky, zvl. při analýze folklórní hudby.« ([3], Jiří Fukač, heslo analýza, str. 39).

První pokusy o využití počítačů v českém prostředí spadají do 70. let minulého století. Na začátku 70. let byly například pořádány 3 semináře *Lidová píseň a samočinný počítač*.

Pro zajímavost – první sálový počítač na Masarykově univerzitě byl slavnostně uveden do provozu 11. října 1979 ([18]).

V rámci kvantitativní intervalové analýzy zkoumáme soubory intervalových řad. Stejná situace je v počítačové lingvistice, konkrétně korpusové lingvistice. Ta se také snaží analyzovat jazyk pomocí kvantitativních metod. Roli souboru dat pro korpusovou lingvistiku zde hraje *korpus*.

Korpus

Korpus je (zjednodušeně řečeno) obrovský soubor textových dat. Pomocí programů z něj můžeme získat zajímavé údaje, které nám poskytují informace o vlastnostech jazyka. Můžeme například zkoumat nejčastěji užívané znaky, slova, slovní spojení, průměrnou délku slov, poměr sloves a podstatných jmen, výskyt interpunkce a mnoho dalších.

Korpusy se mohou budovat účelově. Při výběru textů, které mají být zahrnuty do korpusu, se můžeme omezit pouze na jeden určitý typ textů (například novinové články, zprávy apod.) – získáme tak specializovaný korpus.

Je zřejmé, že korpus například novinových zpráv bude vykazovat jiné statistické údaje než korpus textů české meziválečné poezie.

Mezi nejznámější korpusy patří *Britský národní korpus*, který obsahuje zhruba 100 miliónů slov. Pro český jazyk máme *Český národní korpus* o zhruba stejném rozsahu slov.

Korpusová intervalová analýza

Všechny výše uvedené příklady kvantitativní intervalové analýzy byly založeny na stejném principu jako korpusy. Například Miloš Štědroň v [15] použil v podstatě korpus vokální melodiky opery *Věc Makropulos*.

Veškerá kvantitativní intervalová analýza se tedy bez korpusu neobejde. Jako textové korpusy, i korpusy intervalového zápisu hudby se budují výběrově a účelově. Můžeme vytvořit například korpus Bachova *Temperovaného klavíru*, Palestrinových vokálních skladeb, Janáčkových nápěvků mluvy atd.

S takto vytvořenými korpusy můžeme například nalézt nejjobecnější tvaru melodie (uvažujeme stále intervalový zápis hudby). Algoritmicky lze vypočítat pro každý interval v korpusu jeho nejpravděpodobnějšího následníka. V jistém smyslu nejpravděpodobnější melodii (v rámci zkoumaného korpusu) vytvoříme tak, že vezmeme nejčastější interval, spočítáme pro něj nejpravděpodobnějšího následníka, pro toho budeme výpočet dále opakovat až do předem zvolené délky řady. Výsledek bude tím přesnější, čím obsáhlejší bude korpus a čím více po sobě jdoucích intervalů bude ovlivňovat interval následující.

Je rozdíl, zda pro nalezení následníka uvažujeme pouze jednoho nebo více předchůdců. Jestliže se v korpusu vyskytuje po intervalu vzestupné velké sekundy (+2) nejčastěji interval vzestupné malé sekundy (+1), nemusí se tento interval (+1) vyskytovat nejčastěji po dvou intervalech +2 +2. Tím spíše ne po třech intervalech +0 +2 +2 atd.

Aplikací například na korpus všech barokních instrumentálních koncertů získáme v jistém smyslu zobecněný tvar melodiky tohoto »stylu«. Aplikací na korpus melodií vokální polyfonní hudby pravděpodobně získáme melodii, která bude vykazovat vlastnosti, jež popisuje Zdeněk Hůla v *Nauce o kontrapunktu*: »Palestrinovská melodie pravidelně plyne v sekundových intervalech. Jen občas se zvlí ménším nebo větším skokem, který pokračující melodie obyčejně vyplňuje stupňovitými postupy v opačném směru. Po kvartovém nebo kvintovém skoku může melodie pokračovat zahájeným směrem, po větších skocích se však její směr vždy lomí. Výplň melodického prostoru obvykle následuje ihned po skoku, zřídka dodatečně.« ([23], str. 15).

Největší problém, který stojí v cestě korpusové (intervalové) hudební analýze, je náročnost přípravy dat. Výše jsem se však zmínil, že pokud máme hudební (notový) materiál v digitální podobě (strojově čitelné, tedy nikoli naskenovaný obrázek) např. partituru programu Score, Finale, Sibelius aj. nebo ve formátu SMF (viz strana 40), je přepis do intervalového zápisu jednoduchý.

Při popisu přepisu polyfonní hudby jsem uvedl, že jednoduché zařazení jednotlivých řad (hlasů) pod sebe je nevhodnější řešení. Takový přepis se totiž sám stává jakýmsi malým korpusem. Je možné na něm provádět všechny výše zmíněné výpočty a operace. Svou strukturou pak odpovídá větším korpusům a snáze se tedy do nich zařazuje. Máme štěstí – vidíme, že toto jediné rozumné řešení přepisu polyfonní hudby do intervalových řad je zároveň i univerzální.

Polyfonní skladba se tedy stává jakýmsi souborem melodií svých vlastních hlasů. Jistě tím přicházíme o onu synchronizaci mezi jednotlivými hlasy. Při výpočtu n -gramů, zobecněných melodií apod. však nejsme o nic ochuzeni.

Kapitola 4

Intervalový zápis hudby a srovnávací hudební věda

Srovnávací hudební věda, někdy také *hudební komparatistika*, je na hudební analýze přímo závislá. Jelikož ale používá odlišné metody a postupy, věnuje se jí v samostatné kapitole.

4.1 Definice

V anglosaských zemích se setkáme s pojmenováním *comparative musicology* (ve Spojených státech od 50. let převládá pojem *ethnomusicology*). V německy mluvících zemích se ustálil zase termín *vergleichende Musikwissenschaft*. Srovnávací hudební věda jako obor u nás nevystupuje samostatně a většinou se řadí pod etnomuzikologii.

Ve všech případech se tato subdisciplína hudební vědy zabývá porovnáváním, tříděním a klasifikací hudebního materiálu (konkrétněji např. lidových písní). Většinou se tak činí se zřetelem k etnografii – zkoumá se hudba různých národů, etnik, zemí a oblastí.

4.2 Použití intervalového zápisu

Kódování incipitů

Jedním z mnoha využití intervalového zápisu hudby ve srovnávací hudební vědě je kódování incipitů pomocí intervalových řad – ty se uplatňují zejména v nápěvkových katalozích a hudebních kartotékách (databázích) aj.

Na straně 23 jsem ilustroval použití intervalových řad v katalogu vokálního repertoáru 15. a 16. století.



Obrázek 4.1: Příklad jednoduché melodie.

Incipitovou problematikou se podrobněji zabýval mimo jiné i Karel Vetterl. Ve studii *K otázkám katalogisace nápěvů lidových písní* ([13], od str. 181) navrhuje namísto lexikografického řazení nápěvů podle incipitů více vhodnou metodu třídění hudebního materiálu. V lexikografickém řazení se k sobě totiž mohou dostat dva nápěvy, které jsou shodné v počátečních intervalech, ale jinak nemají nic společného.

Vidíme, že se značně liší přístup ke katalogizaci v závislosti na tříděném materiálu. Stanislav Tesař to vysvětluje tímto: »... katalogizace a systematizace jednohlasého zpěvu 15. a 16. století je nepoměrně jednodušší záležitostí než katalogizace folklórního jednohlasu z pozdějších období. Zatímco materiál, se kterým pracuje folklorista, má typologický charakter, tzn., že existuje značná variabilita konkrétních znění téhož modelu, jednohlasý repertoár českých kancionálů 16. století má charakter spíše klasifikační. Rozdílnost je dána charakterem komunikačních médií. Folklórní materiál je tradován ústním podáním, zatímco kancionálový materiál vychází z písemné tradice.« ([14], str. 255).

Přesnější popis hudební struktury

Výše jsem zmínil i jiné formální popisy hudební struktury (MIDI, DARMS, M-ALMA-72, ...). Nyní popíši, jak by se daly intervalové řady modifikovat, aby vyjadřovaly více informací o hudební struktuře.

Čísla řady označují intervalové vzdálenosti jednotlivých tónů. Díky tomu ztrácíme mimo jiné informaci o rytmu. Tu bychom však mohli zaznamenávat podobně. Místo jednoduchých čísel bychom mohli zapisovat dvojice čísel. První z dvojice by vyjadřovalo rozdíl tónových výšek (melodický interval), druhé zase poměr tónových délek (rytmický interval) dvou po sobě jdoucích tónů melodie.

Příklad na obrázku 4.1 by byl vyjádřený posloupností dvojic takto: $(+7, 2)$, $(-5, \frac{1}{4})$, $(+6, 1)$, $(-1, \frac{1}{2})$, $(-2, 1)$, $(-2, 1)$, $(-1, 1)$, $(+1, 4)$, $(+7, 2)$, $(-3, \frac{1}{4})$, $(+5, 1)$, $(-2, \frac{1}{2})$, $(-2, 1)$, $(-5, 1)$, $(-1, 1)$, $(-2, 8)$.

Je možné vytvořit i mnohem složitější způsoby zápisu hudby. Ukáži však, že pro potřeby srovnávací hudební vědy to není nutné. Plně si vystačíme s intervalovými řadami.

4.3 Počítač a srovnávací hudební věda

Počítač se ve srovnávací hudební vědě používá od 40. let 20. století. Například v roce 1949 zakódoval B. H. Bronson britsko-americké lidové písně na děrné štítky pro účely komparativní studie ([24], str. 201).

Další zajímavou studii provedl Volodymyr Hošovskij. Na sálových počítačích v Arménii (za *studené války*) analyzoval lidové písně. Ty zaznamenával na speciální karty a vytvořil kompletní metodu (kterou publikoval v práci [4]) pro počítačem podpořenou srovnávací hudební vědu. Mimo jiné poukázal na to, že základním předpokladem pro počítačem podpořenou komparatistiku je vytvoření univerzální databáze všech lidových písní ([4], od str. 253).

Než ukáží možnosti použití intervalového zápisu pro počítačem podpořenou srovnávací hudební vědu, uvedu několik zajímavých poznatků z informatické subdisciplíny – *stringologie*.

Stringologie se zabývá výzkumem algoritmů pro zpracování textových řetězců. Nejvýznamnější představitel tohoto oboru je u nás *Pražský stringologický klub* založený na katedře počítačů elektrotechnické fakulty Českého vysokého učení technického v Praze. Podrobnější informace lze nalézt na adrese <http://www.stringology.org>.

Intervalové řady jsou posloupnosti celých čísel. V tomto smyslu jsou to řetězce speciálních znaků. Jestliže za množinu znaků vezmeme klasickou abecedu, řetězce budou tvořit slova. Strukturálně se intervalové řady a slova neliší. Na intervalové řady odpovídající melodiím tedy budeme moci aplikovat algoritmy, které se běžně ve stringologii používají.

Na tomto místě bych mohl uvést formální definice, se kterými stringologie pracuje: *abeceda* (množina znaků), *slovo* (konečný řetězec znaků), *jazyk* (množina slov). Dále operace, které lze s těmito objekty provádět: *zřetězení slov*, *podřetězec*, *sjednocení jazyků* atd. Všechny tyto konstrukce mají význam i pro intervalové řady (a tedy i pro hudební vědu), ale nebudu se o nich dále rozepisovat. Uvedu však jeden zajímavý výsledek.

Podobnost melodií

Formálních definic podobnosti melodií existuje celá řada. Ve zmíněné publikaci *Matematické metody v hudební analýze* ([8], str. 66) se melodie reprezentují jako množiny a jejich podobnost se zavádí pomocí podobnosti těchto množin. Tuto metodu popisuje i diplomová práce *Aplikace teorie množin v hudební analýze* ([22]). Domnívám se však, že je to metoda natolik nepřesná a omezená, že je pro srovnávací studie nepoužitelná.

Tak především množiny odpovídající melodiím jsou vytvořeny tak, že se z melodie vyberou její tóny. »Zahodí« se ty, které se opakují a odhlédne se od jejich oktávových poloh (například c' a C_1 se považují za stejné prvky množiny). Dochází tak k přílišnému zjednodušení.

Další nevýhoda je, že se mohou porovnávat pouze množiny o stejném počtu prvků. Autorka práce [22] například vypočítává podobnost melodie písně *Kočka leze dírou* a tématu Smetanovy symfonické básně *Vltava*. Tvrdí, že jsou si velmi podobné (což je pravda). Jelikož je ale množina odpovídající melodii písně *Kočka leze dírou* v račím postupu totožná s množinou původní melodie, tato metoda určí, že jsou tyto dvě melodie (původní a račí inverze) totožné, což pravda není.

Jako další řešení zmíním metody pro porovnávání a určování podobnosti melodií DIS a FIS vyvinuté podobně jako zmíněný jazyk M-ALMA-72 v Bratislavě. Ve své době zaznamenaly velký ohlas ([16], str. 27).

Pokusím se popsat další možné určení podobnosti melodií – pomocí intervalových řad. Konečně se tedy dostáváme k onomu zajímavému výsledku.

Levenshteinova vzdálenost

Jedná se o *metriku*¹, která vyjadřuje míru podobnosti (vzdálenost) dvou řetězců. Levenshteinova vzdálenost dvou řetězců je dána minimálním počtem operací potřebných k převedení jednoho řetězce na druhý, kde povolené operace jsou vložení znaku, vyjmutí znaku a nahrazení jednoho znaku jiným.

Například vzdálenost slova »máma« a »táta« je 2, neboť musíme provést dvě nahrazení znaků »m« za »t«. Vzdálenost slov »Praha« a »Brno« je 4. Provádíme postupně tyto operace: Praha → Prah → Brah → Brnh → Brno.

Platí tedy čím menší vzdálenost dvou intervalových řad, tím větší podobnost odpovídajících melodií.

Bylo by velmi zdoluhavé provádět tato porovnání ručně. Intervalový zápis jsme zavedli formálně proto, abychom umožnili počítačům zpracovat jednoduše informace o melodii. Jelikož existuje algoritmus, který pro dva zadané řetězce (a tedy i intervalové řady) spočte jejich vzdálenost, tuto práci za nás může udělat počítač.

Například dvě melodie lišící se pouze jedním tónem (rytmem se mohou lišit libovolně) mají v tomto případě vzdálenost 2. V popisu vlastností intervalových řad jsem uvedl, že změna jednoho tónu vyvolá v intervalové řadě změnu dvou intervalů. Tyto je třeba zaměnit, abychom obdrželi původní řadu.

Vzdálenost (podobnost) dvou melodií, z nichž jedna je část té druhé, se bude rovnat rozdílu délek příslušných intervalových řad – jedna řada se totiž na druhou převede přidáním chybějících intervalů.

Konkrétní aplikace

Vzájemné porovnávání skladeb v rámci většího souboru dat je však i pro počítač náročný úkol. Pokud máme mezi 1000 prvky nalézt dvojice, které se shodují, musíme spustit algoritmus řádově 1000²-krát.

¹Metrika je zjednodušeně řečeno funkce, která vyjadřuje vzdálenost dvou matematických objektů. Například měst na mapě, bodů v prostoru apod.

Navíc shodovat se mohou i části intervalových řad navzájem. Je zde tedy i variabilita délek shodných podřetězců a variabilita umístění v jednotlivých intervalových řadách odpovídajících celým melodiím.

Tyto a jiné aplikace umožňují například indikaci parodií (*parodické mše*), citací (zpracování chorálů), variací apod. Pomáhají v některých případech určit i autorství anonymní skladby (nalezením shody s kompozicí, u které je znám její autor) nebo rekonstruovat fragmenty skladeb, chyby v jejich zápisech (například díky dobře provedené katalogizaci nápěvů, viz [13], str. 198 v poznámce).

Dokladem budiž několik zmínek z *Grove Music Online*: »Searches of the RISM A/II series database, for example, a multi-field index of several hundred thousand musical manuscripts from period 1600–1825, have revealed unexpected coincidences between works attributed to major composers (e.g. Mozart) in one source and to minor or anonymous composers in the other sources.«² ([20] – část *Historical research*)

4.4 Role počítače v hudební komparatistice

Počítač nám pomáhá v několika krocích – v přípravě materiálu (automatické vytvoření zjednodušených dat – vstupů pro počítačové programy, algoritmy), v jeho třídění, uspořádání a katalogizaci (viz výše), ve vyhledávání a automatickém porovnávání.

Výsledky těchto metod však musí interpretovat muzikolog. Jak bylo řečeno výše, je nebezpečné považovat například statistické údaje získané výzkumem určitého souboru dat za přesné a zcela vypovídající o daném hudebním materiálu. (Etno)muzikolog tedy hraje v celém procesu nejdůležitější roli.

²Hledání v databázi RISM A/II, například, seznamu několika stovek tisíc hudebních rukopisů z období let 1600–1825, odkrylo nečekané souvislosti mezi díly významných skladatelů (např. Mozarta) v jednom zdroji a díly méně významnými nebo anonymními v jiných zdrojích.

Kapitola 5

Závěr

Intervalový zápis abstrahuje od všech složek hudební řeči mimo intervalovou strukturu melodie. Toto zjednodušení jsem zvolil mimo jiné proto, že formálně postihnout strukturu hudebního materiálu ve své komplexnosti není vůbec triviální úkol. Cituji *Grove Music Online*: »Unfortunately music notation does not readily lend itself to conversion into machine-readable form. Although it is possible to devise alphanumeric equivalents for all the pitches and durations in a conventional music score, matters quickly become complicated once account is taken of the need to time-stamp these note-events in terms of elapsed beats from start of the score, and moreover to provide a means of reducing chords and polyphonic textures to a single alphanumeric character string.«¹ ([20]).

Strojově čitelného kódu jsem dosáhl abstrakcí od zmíněného času, který způsobuje největší potíže. S akordy (homofonní sazbou) a polyfonním zápisem jsem se však vyrovnal. Harmonické intervaly jsem převedl na melodické a polyfonní hudbu jsem jednoduše rozložil na jednotlivé melodie. I když jsem neuvažoval jejich vzájemnou synchronizaci, ukázal jsem, že je to zcela zbytečné, navíc nemožné. Pro potřeby srovnávací hudební vědy (etnomuzikologie) není potřeba polyfonní hudbu vůbec uvažovat, neboť se většinou porovnávají jednoduché nápěvy, písně – ty jsou v naprosté většině jednohlasé.

Nezatěžoval jsem čtenáře podrobným popisem zmíněných metod a formálních definicí. Jednak je tato práce určena především muzikologům a jednak není v mých silách vytvořit lepší a jasnější popis uvedené problematiky, než je tomu v příslušných odborných publikacích.

¹Hudební notace se bohužel příliš nehodí k transformaci do strojově čitelné podoby. Ačkoli je možné navrhnout alfanumerické ekvivalenty pro všechny tónové výšky a délky v běžné partituře, situace se stává komplikovanou, pokud začneme uvažovat o potřebě zaznamenávat přesné časy těchto tónů ve smyslu uplynutých dob od začátku partitury a také redukovat akordy a polyfonní strukturu na jednoduchý řetězec znaků.

Přes všechny formalizace, které jsem v práci zmiňoval, jsem si však vědom faktu, že bez člověka-hudebního vědce není analýza ani srovnávací hudební věda možná, neboť »...je zřejmé, že logiky – a tedy i matematiky – nelze použít k tomu, abychom vysvětlili nějaký ryze hudební problém. Formalizace slovníku, kterou poskytne logika, nemá tvořivou schopnost. Jejím prostřednictvím můžeme snáze vyjadřovat strukturní vlastnosti a vztahy, které jsme rozpoznali hudebně teoretickými prostředky. Jsou-li bez rušivého zkreslení přístupné logické formalizaci, můžeme s její pomocí dospět k obecnějším vazbám. Prověření platnosti těchto vazeb spadá ovšem opět do kompetence muzikologie.« ([8], str. 104).

Člověk si chce život zjednodušovat – vymýšlí stroje, které za něj pracují, počítače, které za něj myslí. Nemůže však počítači přenechat všechno. V našem případě by přišel o to nejkrásnější, co jako muzikologové máme – o kontakt s hudbou.

V Adamově 13. května 2008.

Shrnutí

Intervalový zápis hudby dovoluje zaznamenat hudební strukturu do posloupnosti čísel – intervalové řady. V rámci této práce popisuji vlastnosti těchto řad a přednosti a omezení tohoto přístupu. Uvádím také příklady použití tohoto zápisu v hudební vědě – hudební analýze a srovnávací hudební vědě.

Na začátku práce tento pojem formálně definuji a poukazuji na jeho zajímavé vlastnosti. Například jak se projeví na výsledné řadě motivická práce s melodií (opakování, augmentace, diminuce, inverze, rak atd.). Tyto vlastnosti demonstruji na čtených notových příkladech. Dále také popisuji, jak lze tímto způsobem přepisovat polyfonní hudbu, akordy a hudbu v jiných tónových soustavách. Komentuji přednosti a omezení intervalového zápisu hudby.

V další kapitole věnované hudební analýze ukazuji, k čemu je intervalový zápis vhodný při zkoumání struktury skladeb. Zabývám se zejména kvantitativní analýzou. Na několika příkladech popisuji konkrétní možnosti a navrhuji postup, při kterém se využívají znalosti z korpusové lingvistiky.

V kapitole o srovnávací hudební vědě se zabývám možností využití intervalového zápisu v této hudebněvědné subdisciplíně. Zmiňuji problematiku kódování incipitů a katalogizaci lidových nápěvů. Nejvíce se zaměřuji na použití počítače v hudební komparatistice. Uvádím několik konkrétních aplikací a zamýšlím se nad rolí počítače v tomto procesu. Navrhuji jednoduchou metodu přepisu hudby se zachováním rytmické struktury a metodu určování podobnosti melodií za pomoci Levenstheinovy vzdálenosti řetězců.

V příloze na konci práce uvádím komentář a odkazy na pomůcky, které jsem při práci použil.

Resume

Intervallic representation of music enables to convert a musical structure into numerical progression – sequence of intervals. Within this thesis I describe its properties, advantages and limitations of this approach. Many examples of these properties are included. I also present examples of usage of this representation in musicology — musical analysis and comparative musicology.

At the beginning of thesis a formal definition of the concept is given and interesting features of intervallic representation are pointed out. E.g. how a motific work with melody proves on resulting sequences (repetition, augmentation, diminution, inversion, crab etc.). A procedure of problematic transcriptions such as transcription of polyphonic music, chords and music in other tonal systems is described. Advantages and disadvantages of intervallic representation are commented.

In next chapter an attention is paid to musical analysis. I point out what is intervallic representation of music suitable for in musical structure investigation. I deal with quantitative analysis especially. I describe particular possibilities on many examples as well as a procedure when corpus linguistics knowledge is used.

There is also chapter about comparative musicology. I deal with way of employing intervallic representation of music in this musicological subdiscipline. I mention incipits coding and folk songs cataloguing. The thesis mainly focus on use of computer in comparative musicology. There is given several particular applications and a role of computer in the process is considered. A simple method of music transcription with rhythmic structure preserving is designed. As well as a method of melody similarity recognition with help of Levensthein string distance.

Commentary and references to tools used during writing and which are related in some way to the work are enclosed at the end of the thesis.

Literatura

- [1] ZENKL, Luděk. *ABC hudebních forem*. 3. vyd. Praha : Editio Praga, 1999.
- [2] ZENKL, Luděk. *ABC hudební nauky*. 2. vyd. Praha : Editio Bärenreiter, 2003.
- [3] *Slovník české hudební kultury*. Jiří Fukač, Jiří Vysloužil. 1. vyd. Praha : Supraphon, 1997.
- [4] HOŠOVSKIJ, Volodymyr. *U pramenů lidové hudby Slovanů : studie z hudební slavistiky*. 1. vyd. Praha : Editio Supraphon, 1976.
- [5] BAISA, Vít. *Přepis dat z MID souboru pro potřeby hudební komparativistiky*. [s. l.], 2007. 29 s. Masarykova univerzita. Vedoucí diplomové práce MgA. Rudolf Růžička.
- [6] PIŇOS, Alois. *Tónové skupiny*. 1. vyd. Praha : Edition Supraphon, 1971.
- [7] PIŇOS, Alois, HERZOG, Eduard, JAN, Jiří. Vyvážené intervalové řady. In HERZOG, Eduard. *Nové cesty hudby : Sborník studií o novodobých skladebných směrech a vědeckých pohledech na hudbu*. 1. vyd. Praha : Supraphon, 1969.
- [8] LUDVOVÁ, Jitka. *Matematické metody v hudební analýze*. 1. vyd. Praha : Supraphon, 1975.
- [9] RÁCLAVSKÝ, Jiří. Explikace pojmu tónové skupiny v teorii množin. *Acta Musicologica* [online], roč. 2, č. 2 [cit. 2008-04-25]. Dostupný z WWW: <<http://acta.musicologica.cz>>.
- [10] ŠTĚDRONĚ, Miloš. *Základy mikrotektoniky (9 analýz)*. 1. vyd. Brno : Rektorát Masarykovy univerzity, 1991.

- [11] ŠTĚDRŮŇ, Miloš. Možnosti intervalové a melodické analýzy : Sonda do intervalové a melodické analýzy Janáčkovy opery Věc Makropulos – role Hauka. In *Opus Musicum*. roč. 3., č. 7, 1971.
- [12] *Elektronische Datenverarbeitung in der Musikwissenschaft*. Heckmann, Harald (ed.). Regensburg : Gustav Bosse Verlag, 1967.
- [13] VETTERL, Karel. K otázkám katalogisace nápěvů lidových písní. In *Musikologie 4: Sborník pro hudební vědu a kritiku*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1955. Studie. s. 181-198.
- [14] TESAŘ, Stanislav. K možnostem využití SP v hymnologii. In HOLÝ, Dušan, PALA, Karel, ŠTĚDRŮŇ, Miloš. *Lidová píseň a samočinný počítač III : Sborník materiálů ze 3. semináře o využití samočinného počítače při studiu lidové písně*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1976. s. 253-261.
- [15] ŠTĚDRŮŇ, Miloš. K intervalovým charakteristikám jednotlivých rolí v Janáčkově opeře Věc Makropulos. In HOLÝ, Dušan, PALA, Karel, ŠTĚDRŮŇ, Miloš. *Lidová píseň a samočinný počítač III : Sborník materiálů ze 3. semináře o využití samočinného počítače při studiu lidové písně*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1976. s. 263-285.
- [16] HOLÝ, Dušan. Dosavadní postupy a výsledky studia lidové písně pomocí samočinného počítače na půdě ČSSR. In HOLÝ, Dušan, PALA, Karel, ŠTĚDRŮŇ, Miloš. *Lidová píseň a samočinný počítač III : Sborník materiálů ze 3. semináře o využití samočinného počítače při studiu lidové písně*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1976. s. 25-35.
- [17] MELKUS, Ilja. Některé příklady využití samočinného počítače v zahraniční muzikologii. In HOLÝ, Dušan, PALA, Karel, ŠTĚDRŮŇ, Miloš. *Lidová píseň a samočinný počítač III : Sborník materiálů ze 3. semináře o využití samočinného počítače při studiu lidové písně*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1976. s. 333-338.
- [18] BARTOŠEK, Miroslav. *Historie ÚVT a výpočetní techniky na Masarykově univerzitě v Brně* [online]. 2004 [cit. 2008-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.ics.muni.cz/25let/historie/prehled.html>>.
- [19] RICE, Timothy. Comparative musicology. *Grove Music Online* [online]. ed. L. Macy. 2008 [cit. 2008-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://grovemusic.com>>

- [20] MANNING, Peter. Computers and music. *Grove Music Online* [online]. ed. L. Macy. 2008. [cit. 2008-05-01].
Dostupný z WWW: <<http://grovemusic.com>>
- [21] BENT, Ian D., POPLÉ, Anthony. Music analysis. *Grove Music Online*. [online]. ed. L. Macy. 2008. [cit. 2008-05-01].
Dostupný z WWW: <<http://grovemusic.com>>
- [22] KRÁLOVÁ, Mária. *Aplikace teorie množin v hudební analýze*. [s.l.], 1996. 37 s. Masarykova univerzita. Vedoucí diplomové práce doc. RNDr. Eduard Fuchs, CSc.
- [23] HŮLA, Zdeněk. *Nauka o kontrapunktu*. 1. vyd. Praha : Supraphon, 1985.
- [24] FORRÓ, Daniel. *Počítače a hudba*. 1. vyd. Praha : Grada, 1994.

Příloha – Zajímavé odkazy

$\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$

Volně šiřitelný počítačový program na přípravu elektronické sazby pro vysoce kvalitní výstup. Jeho autorem je americký profesor informatiky a matematiky Donald E. Knuth z univerzity ve Stanfordu. Vytvořil nástroj tak univerzální, že je vhodný pro sazbu libovolného dokumentu – knihy, diplomové práce, novin, plakátu apod. Funguje na odlišném principu než běžné programy jako MS Word, OpenOffice Writer apod. Program $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ čte vstupní soubor s textem a příkazy pro sazbu a jako výstup vytváří soubor, v kterém je každému znaku určeno přesné místo na stránce.

Jedna z jeho hlavních výhod je nezávislost na počítačovém systému. Mimo jiné jsou údaje ve výstupním souboru DVI (DeVice Independent) uloženy s přesností na vlnovou délku světla. Na libovolně přesném zařízení se tedy obsah souboru zobrazí správně.

Psát dokumenty přímo pro program $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ je relativně složité, Leslie Lamport tedy vytvořil nástroj $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, který sazbu zjednodušuje. Vysázení diplomové práce je tedy otázkou zvládnutí několika jednoduchých příkazů. Například automatické vytvoření obsahu práce zařizuje jediný příkaz `tableofcontents`.

Zájemci o $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ a $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ mohou navštívit domovskou stránku českého sdružení uživatelů $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ u na adrese <http://www.cstug.cz>.

Vybraná literatura v českém jazyce:

RYBIČKA, Jiří. *L^AT_EX pro začátečníky*. Brno : Konvoj, 2003.

OLŠÁK, Petr. *Typografický systém T_EX*. Brno : Konvoj, 2000.

OLŠÁK, Petr. *T_EXbook naruby*. Brno : Konvoj, 2001.

Lilypond

D. E. Knuth se rozhodl pro vytvoření \TeX u, když viděl, jak nekvalitní výstup získá za pomoci běžných nástrojů pro počítačovou sazbu textu. Stejně tak se rozhodli autoři Lilypondu Han-Wen Nienhuys a Jan Nieuwenhuizen, že vytvoří systém, který bude jednoduše vytvářet pěkně vypadající partitury. Stejně jako Knuth se snažili, aby byl výstup srovnatelný s kvalitní ruční sazbou. Tak se zrodil Lilypond.

Autoři vytvořili v rámci Lilypondu velmi chytré algoritmy, které správně určí např. sklon trámce, vzdálenosti jednotlivých tónů, tvar oblouku ligatury, zlom řádku apod. Tyto detaily většinou běžné nástroje jako Finale, Score nebo Sibelius neřeší.

Stejně jako \TeX i Lilypond využívá textový vstup. Zápis i relativně složité hudební struktury je však docela jednoduchý. Noty se zapisují svými jmény, oktávové polohy se naznačují apostrofy a délky čísla za jednotlivými názvy tónů. Zápis tématu Bachova *Umění fugy* tak může vypadat například takto:

```
\relative c' {
  \clef treble
  \key d \minor
  \time 2/2
  d2 a' f d cis d4 e f2~ f8 g f e
}
```

Veškeré notové ukázky v této práci byly vytvořeny pomocí Lilypondu.

Dokumenty o Lilypondu v anglickém jazyce:

Popis způsobu automatické notosazby:

<http://lilypond.org/web/about/automated-engraving/>

Dokumentace k Lilypondu:

<http://lilypond.org/doc/v2.10/Documentation/user/lilypond/>

Mutopia

V souvislosti s Lilypondem vznikl projekt nazvaný *Mutopia*, který se snaží shromažďovat notový materiál vytvořený Lilypondem. V databázi na stránkách projektu (<http://www.mutopiaproject.org/>) můžete nalézt velké množství zdarma přístupných not nejrůznějších autorů – od J. S. Bacha až po Scotta Joplina.

Kromě notového zápisu v několika formátech (PDF, PS) a různých velikostech dokumentu (A4, letter) je u každé skladby také soubor ve formátu SMF a zdrojový kód Lilypondu (přípona .ly).

Themefinder

Na základě spolupráce amerických univerzit Stanford University a Ohio State University vznikl v rámci *Center for Computer Assisted Research in the Humanities* (CCARH) projekt *Themefinder*, který umožňuje vyhledávat v početné databázi skladeb pomocí různých kritérií jako posloupnosti tónů melodie, základní tóniny skladby, intervalu, taktu a »tvaru« melodie.

Themefinder si můžete vyzkoušet na adrese <http://www.themefinder.org>.

MIDI

Zkratka za *Musical Instrument Digital Interface*. Jedná se o standardizované rozhraní pro komunikaci různých elektronických nástrojů navzájem. Byl vyvinut několika firmami již v roce 1983, ale používá se dodnes v naprosté většině elektronických klávesových nástrojů.

MIDI pracuje na systému zpráv, které si nástroje předávají. Jsou to zprávy jako *začni hrát tón a” zvukem houslí o síle mf, přestaň hrát, ...* Ve standardu se myslelo i na jiné než klávesové nástroje, existují tedy i zprávy umožňující ovládání světelné techniky na jevištích, zprávy pro přesný popis způsobu hry na dechové nástroje atd.

Pro ukládání zpráv MIDI do souboru slouží formát SMF (Standard MIDI file), který má přesně danou strukturu. Zprávy se ukládají pro každý MIDI kanál (v MIDI komunikaci se používá 16 kanálů pro 16 různých nástrojů) zvlášť. Díky jednoduchosti MIDI lze zaznamenat i složitou a dlouhou skladbu na velmi malý datový prostor – obvykle v řádu kB (1 kB = 8192 nul a jedniček.). Za předpokladu, že minuta hudby zabírá ve formátu SMF asi 2 kB, se na jedno datové CD vleze zhruba rok (!) hudby.

Vybraná literatura v českém jazyce

FORRÓ, Daniel. *Svět MIDI*. Praha : Grada Publishing, 1997.

FORRÓ, Daniel. *Počítače a hudba*. Praha : Grada, 1994.