

# VYUŽITÍ HUDEBNÍ TEORIE PŘI ŘEŠENÍ OPTIMALIZAČNÍCH PROBLÉMŮ

## POSSIBILITIES OF USING MUSIC THEORY FOR SOLVING OPTIMIZATION PROBLEMS

*Ondřej Míča*

### **Abstrakt**

Hudba obklopuje téměř každého z nás každý den. Tento text se zabývá možným vztahem mezi hudební skladbou a možnostmi matematických řešení optimalizačních úloh.

*Klíčová slova: hudba, optimalizace*

### **Abstract**

Music surrounds almost every one of us every day. This article deals with the possible relationship between the musical composition and the possibilities of mathematical solving optimization tasks.

*Key words: music, optimization*

## **1 HUDBA**

Hudba je přítomna v běžném životě každého člověka, ať už při odpočinku člověka, komunikaci, nebo i mimoděk jen jako ruch v okolním prostředí. Hudba má velký vliv na osobnost člověka i na jeho sociální identitu, stejně tak na jeho individuální i kolektivní chování. Hudební význam je stejně široký jako kultura náboženství nebo vlastní společnost, ve které je rozvíjen [1].

Význam slova hudba se v průběhu historie vyvíjel. Etymologický původ slova hudba pochází z řeckého „musik“, což znamená „umění“. V současné době se hudbou rozumí umění kombinovat zvuky v čase. Podle Clauda Lévi-Strauss (1908 – 2009) je hudba jazykem, který má alespoň nějaký význam pro převážnou většinu lidstva, ačkoli jen malý počet lidí je schopen jej vytvořit. Navíc je to jediný jazyk, který je srozumitelný pro všechny bez nutnosti jej překládat [2].

### **1.1 Základní hudební pojmy**

Hudba je umění, věda a jazyk, který organizuje motivy (hudební jednotky), s ohledem na principy melodie, rytmu a harmonie za účelem vysílání zpráv mezi skladatelem a divákem [1].

Motiv je soubor not tvořících melodickou, rytmickou a harmonickou jednotku hudebního díla. To znamená, že prvky tvořící motiv mají intervalové i rytmické vlastnosti, které se kombinují tak, aby společně vytvářely celek, který obsahuje vlastní harmonii [1].

Nota je symbolické znázornění vlastností zvuku nebo ticha, který je součástí hudby [1].

Zvuk je pocit, který vnímá ucho vibračními tělesy při příjmu vibrací. Vzhledem k fyziologickým vlastnostem ucha existují čtyři základní vlastnosti, které určují charakter zvuku: výška (dána frekvencemi vibrací), trvání, barva (dána spektrálním složením) a intenzita (dána amplitudou) [1].

Ticho je absence zvuku a jeho jedinou kvalitou je trvání [1].

## 1.2 Proces hudební kompozice

Slovo kompozice pochází z latinského výrazu „componere“, což znamená „shromáždit několik věcí, které dohromady tvoří jinou věc“. Z tohoto lze předpokládat, že proces hudební skladby (kompozice) je omezen na zřetězení zvuků a ticha. Což je mylná představa, protože se jedná o tvůrčí proces kombinace představivosti, hudebních prvků a znalostí s cílem získat hudební dílo, které splňuje určitý estetický standard. To znamená, že kompoziční proces je složitější než jednoduché spojení prvků, protože tento proces zahrnuje společensko-kulturní a osobní tvůrčí systémy pro vytvoření uměleckého produktu.

Na osobní úrovni se jedná o to, že každý skladatel strukturovaným způsobem vybírá, používá, kombinuje, přizpůsobuje a vytváří melodie podle svých znalostí, zkušeností a intuice. Na sociálně-kulturní úrovni to znamená, že každý skladatel na základě svých sociálních interakcí získává a analyzuje informace o míře přijetí, o jeho práci a o návrzích jiných hudebníků; na jehož základě získává a upravuje své znalosti, což vede ke vzniku struktury charakteristik díla, které uspokojí chuť veřejnosti.

## 1.3 Algoritmy používané pro generování hudby

Aplikace algoritmů v hudbě je stejně stará jako kompoziční proces [3] a počítačová kompozice hudby byla implementována již v 50. letech minulého století. Algoritmy v hudbě používají různé cesty, které zahrnují zvukovou syntézu, vzorkování a kompozici. Algoritmy hudební skladby používají řadu pravidel a pokynů pro získání výsledků [4].

Mezi nejznámější algoritmy vyvinuté pro hudební skladbu patří:

- Genetický algoritmus pro počítačovou hudební skladbu [5]. V tomto případě se používá systém založený na genetickém algoritmu pro výběr operátorů, které budou použity v procesu kompozice.
- GenJam [6] je interaktivní genetický algoritmus, který napodobuje jazzovou improvizaci.
- Skladba s genetickými algoritmy [3]. Prostřednictvím tohoto algoritmu autor realizuje stochastické změny v melodii s hlavním cílem dosáhnout postupů, které znějí dobře. V tomto návrhu se autor generuje sadu krátkých motivů, jejichž prvky jsou uspořádány různými způsoby, dokud není dosaženo dobrého pořadí.
- Alice [4]. Tento algoritmus vytváří hudbu prostřednictvím hledání kontinuity a formální logiky hudby použité jako základ.
- SARA [4], zkratkou v angličtině jednoduchého analytického rekombinantního algoritmu. V tomto algoritmu jsou racionálně implementovány časové změny v Markovově řetězci, používaném jako počáteční model.

## 2 VZTAH MEZI HUDEBNÍ SKLADBOU A OPTIMALIZACÍ

Hudební kompozice je tvůrčí proces (na osobní a společensko-kulturní úrovni), prostřednictvím kterého vzniká umělecké dílo. Na individuální úrovni je tvořivost skladatele způsobena nahodilými nápady (záblesky geniality) nebo rekurzivním procesem uvažování o myšlence (tvrdé práci) [3]. Naproti tomu je sociokulturní tvořivost vytvářena interakcí sociálních členů, která vytváří změny v sociální struktuře.

V případě hudby se nástavba přizpůsobuje vzorům a konvencím vytvořeným podle vkusu a preferencí určité sociální skupiny. Styly nebo hudební žánry proto vycházejí ze společných

prvků v souboru jednotlivých hudebních skladeb; například: současné popové kousky se vyrábějí z kombinace malého souboru harmonií a melodií.

Analogie je forma uvažování, ve které je myšlenka nebo pojem odvozen z podobností s jinou myšlenkou nebo konceptem v určitých aspektech, což se děje na základě poznání [4].

Při hledání analogie mezi procesem optimalizace a hudebním složením byly navrženy následující paradigmata:

1. Předpokládá se, že činnost hudební skladby zahrnuje konečný počet kroků [4].
2. Přírozeným způsobem může být proces kompozice vnímán jako algoritmus; protože potřeba kompozice je podobná potřebě vyřešit problém [4].
3. Systém sociokulturní tvořivosti znamená, že jednotlivci jsou schopni učit se ze svých zkušeností, stejně jako jsou schopni tyto informace využít při budoucích rozhodnutích.
4. Možné změny hudebního díla vycházejí ze zkušeností z dřívějších děl, rekombinace myšlenek a vlivů jiných skladatelů prostřednictvím získaného učení a nahodilých nápadů.

Proces hudební kompozice je tvůrčí proces (na osobní a sociálně-kulturní úrovni), založený na znalostech a představách skladatele, který vychází z potřeby a / nebo touhy skladatele. V tomto procesu jsou vybírány a organizovány hudební motivy s cílem vytvořit hudební dílo, které vytváří maximální spokojenost umělce. Podobně proces optimalizace začíná potřebou vyřešit problém při rozhodování.

Při procesu optimalizace jsou také zapojeny lidské znalosti a kreativita s cílem přesně popsat a modelovat problém pomocí definovaných metod řešení a skombinovat hodnoty rozhodovacích proměnných, pro nalezení co nejlepší hodnoty účelové funkce. Proto proces optimalizace velmi připomíná proces hudební skladby. Podrobněji popsané vztahy mezi procesy optimalizace a skladby jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Analogie mezi optimalizací a hudební kompozicí. Zdroj [8].

<b>Základní otázka</b>	<b>Optimalizace</b>	<b>Kompozice</b>
Proč používat?	Řešení problému.	Vytvoření skladby.
Co hledám?	Globální optimum.	Dílo, které se bude líbit posluchačům.
Jak poznám kvalitu výstupu?	Účelovou funkcí.	Úroveň spokojenosti posluchačů
Co jsou proměnné?	Řídící proměnné.	Motivy.
Jaké jsou vlastnosti výstupu?	Hodnoty proměnných.	Zvuková charakteristika motivu.
Jedná se o konečný proces?	Ano.	Ano.
Co je základní jednotkou procesu?	Iterace.	Provedení skladby.

### 3 ZÁVĚR

Z výše uvedeného vyplývá, že vztah mezi hudební skladbou a řešením optimalizačních problémů je poměrně zásadní. Proto i poslední dobou vznikají nové optimalizační algoritmy, které si berou inspiraci v hudbě. Jako příklady lze uvést např. metodu Harmony search, kterou

navrhl Zong Woo Geem [7], nebo MMC algoritmus, který vytvořili Roman Anselmo Mora-Gutiérrez a kol. [8]. Obecně se dá předpokládat, že další optimalizační algoritmy inspirované hudbou budou následovat.

### **Použitá literatura**

1. KOFROŇ, J. *Učebnice harmonie*. 3. Praha: Státní hudební vydavatelství, 1963.
2. LÉVI-STRAUSS, C. *The raw and the cooked*. Chicago: University of Chicago Press, 1983. ISBN 978-0226474878.
3. JACOB, B. L. *Composing with Genetic Algorithm*. Proc. Of the 1994 International Computer Music Conference, 452-455. 1995.
4. COPE, David. *The algorithmic composer*. Madison, Wis: A-R Ed, 2000. ISBN 9780895794543.
5. HORNER, A. & AYERS, L. *Harmonisation of musical progression with genetic algorithms*. ICMC'95 Proceedings, San Francisco: International Computer Music Association, 483-484. 1995.
6. BILES, J. A. *GenJam: A Genetic Algorithm for Generating Jazz Solos*, Int. Computer Music Conf. (ICMC'94). Aarhus, Denmark, 131-137. 1994.
7. GEEM, Z. W. *Music-inspired harmony search algorithm: theory and applications*. Berlin: Springer, 203 p. 2009. ISBN 978-3-642-00184-0.
8. MORA-GUTIÉRREZ, R. A., RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, J., & RINCÓN-GARCÍA, E. A. *An optimization algorithm inspired by musical composition*. The Artificial Intelligence Review, 41(3), 301-315. 2014. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s10462-011-9309-8>

### **Kontaktní údaje**

Ing. Ondřej Míča  
Univerzita Pardubice,  
Dopravní fakulta Jana Pernera,  
Katedra informatiky v dopravě,  
Studentská 95, Pardubice 532 10.  
Tel: +420 466 036 428  
Email: [ondrej.mica@upce.cz](mailto:ondrej.mica@upce.cz)