

K tektonické funkci barvy¹

Iva Oplištilová

Ve své práci vycházím ze zajímavého pohledu na hudební analýzu, který se v posledních letech objevuje. Opírá se o nejnovější poznatky tzv. kognitivních věd.²

Nejde o pohled, který by byl u nás cizí, i když se o něm dnes ve světě hovoří v jiných termínech. Mám na mysli uznání faktu, že při studiu hudby i její analýzy se musí brát v potaz nejen struktura díla, skladby, ale i to, jak její zvukovou podobu vnímá posluchač. Stále více skladatelů přímo pracuje s procesy, které probíhají až ve sluchové dráze vnímatele.

Barva zvuku byla hudební teorií dosud opomíjena pro svou neuchopitelnost, subjektivnost. Neexistuje dostatečně jemný hudebně teoretický aparát pro rozbor hudby založené na barvě. Zatím jsou jen rozlišovány nástrojové skupiny a techniky hry nebo se užívají adjektiva popisující jiné smyslové vjemy než sluchové. To již nestačí. Psychoakustika a kognitivní vědy spojují percepci (vjem) a akustické vlastnosti zvuku (měřitelné), dávají možnost předpovídat aspoň do určité míry percepci hudby – i té, která je založena na barvě. Tedy poskytují záchytné body, prokazují existenci společných rysů vnímání různých jedinců a možnost následné klasifikace barev zvuku, o něž se může opřít i teoretik při analýze skladby.

Ovšem je nutné v tomto směru překonat dosavadní meze, za které hudební teorie zatím nešla. Postoj, kdy analýza vychází z notace, už u mnoha soudobých skladeb nevyhovuje. Mám na mysli například skladby spektralistů (Murail, Grisey), Lucierovy aj. Jevy, které v notách vypadají výrazné, mohou při poslechu zaniknout a naopak. Paměť posluchače, tak nutná k vnímání tektoniky skladby, se ne vždy řídí klíči zřetelnými v notaci. Posluchač je v případě soudobé hudby často s každým novým dílem nucen hledat nové strategie poslechu. Naučená formální schémata selhávají.

Pro přiblížení svého názoru si vypůjčím jednu myšlenku z Parncuttovy knihy *Harmonie – psychoakustický přístup* [1]: Nic a priori neopravňuje k představě, že dimenze vědomí jsou ve shodě s dimenzemi fyzikálními a že je lze vyjádřit v karteziánském dualismu. „Vnímatel si není vědom fyzikálních dimenzí. Je si vědom těch dimenzí informací v poli proudu podnětů, které se vztahují k jeho životu.“³

Ve své bakalářské práci jsem se postupně zabývala obecnými požadavky na hudební složku, aby byla tektonicky nosná, barvou zvuku, jejím popisem,

percepčními prostory barvy zvuku a operacemi na nich. V poslední kapitole jsem se pokusila prokázat, že z kognitivního hlediska splňuje složka barvy požadavky stanovené v první kapitole a tedy ji lze považovat za tektonicky nosnou.

Tektonická funkce

Většina soudobé hudby v nějakém směru překračuje pravidla, která platila pro klasicko-romantické období. To se nutně musí odrazit i v hudební teorii a analýze. Přestávají vyhovovat metody vytvořené pro studium tonální evropské hudby. Je třeba se znovu zamyslet nad samotným pojmem tektonická funkce a vymezit vlastnosti, které by hudební složka měla obecně mít, pokud má být tektonicky funkční.

Při studiu relevantní literatury mne nejvíce zaujal postoj **Jean-Marc Chouvela** [2]. Odvíjí své úvahy od srovnání způsobu, jak přistupuje ke skladbě analyzující hudební teoretik a jak posluchač. Upozorňuje na základní rozdíl: analytik pracuje s partiturou a tedy má možnost se vracet. Čas si převádí na statické vztahy v prostoru. Naproti tomu při souvislém poslechu (pro který jsou skladby většinou psány) běží posluchači čas v reálu, tedy jednosměrně. Nemá možnost se zastavit a zpětně si ověřovat souvislosti, které se mu postupně vyjevují. Proto Chouvel zastává názor, že je nutné strukturovat analýzu s přihlédnutím ke kognitivním procesům posluchače. Klasicky pojatá hudební analýza je většinou proces, který probíhá shora dolů a mimo čas. Naproti tomu tzv. kognitivní analýza sleduje proces zdola nahoru v reálném čase.

Chouvel vytyčuje tři body, které považuje za podstatné:

- 1) struktura, v logice časového průběhu
- 2) průběh myšlení o časovém objektu
- 3) porozumění dílu.

Objekt definuje jako správné sgrupování událostí. Ve své práci se věnuje právě významu slova „správné“. Vyvinul rekurzivní algoritmus, kde se události porovnávají v rámci jedné úrovně struktury a zároveň vznikají i spoje napříč úrovněmi. Je tak zachycena interakce formy a struktury, což odpovídá kognitivním procesům. V obou případech je zapojena paměť, ale forma je vnímána skrze dlouhodobou paměť, zatímco struktura skrze paměť operační.

Chouvelův algoritmus je založen na čtyřech možných hodnoceních každé nové slyšené události:

- dokončení nového hypotetického objektu,
- dokončení objektu podobného nějakému dříve uloženému,
- konec části nového hypotetického objektu,
- konec části objektu podobného nějakému dříve uloženému.

Může nastat i aluze/*allusion* – situace, kdy objekt je nejdříve vnímán jako nový, ale zpětně pak hodnocen jako částečně ve vztahu k dřívějším událostem.

Ke strukturaci dojde v každém momentě, kdy je rozhodnuto grupovat. Tehdy nastanou tyto situace:

- a) rozhodnutí až na konci sledu událostí, který nelze s ničím spojit → integrace
- b) rozhodnutí již na začátku sledu, protože se zdá, že je rozeznán; pokud další fakta hypotézu potvrdí → realizace, vyvrátí → chybná dedukce.

Někdy jedna událost vybudí i víc hypotéz, což souvisí s vícenásobnou reprezentací hudebního dění v mysli.

Navrhuje sledovat tento postup při analýze hudebního díla, kdy se v každé kognitivní fázi kladou dvě otázky. Mohou být zodpovězeny buď kladně nebo záporně, tedy nastanou čtyři možnosti na každé úrovni.

V prvním kroku je událost přijata. Pak se rozhoduje o podobnosti s dřívějšími objekty. Pokud je objekt nový, je uložen do paměti a integrován. Pokud dokončí nějaký hypotetický objekt, je tento přijat; pokud ne, postupuje se na další úroveň a vyhodnocuje stejný problém. V případě, že objekt je rozeznán, je přijat a uložen do pracovní paměti, kde se porovnává za přispění znalostí stylu, kultury nebo alespoň zákonitostí díla, s dříve přijatými objekty. Zde bych chtěla upozornit na podobnost s Narmourovou analýzou [3], které jsem věnovala jednu ze svých ročníkových prací.

Chouvel zdůrazňuje, že jde zatím jen o teoretický výsledek, ale jasně vyplývá, že k analýze, a tedy i k zachycení hierarchické struktury skladby, stačí dvě základní operace: rozeznání a grupování. Výhodou tohoto modelu je jeho citlivost na způsob jak a úroveň, kde operace proběhne. Případné rozdílnosti u různých jedinců vysvětlují subjektivitu poslechu.

Tento typ analýzy je důležitý především pro Novou hudbu, protože se dají obejít pravidla, kódování apod. a pracuje se přímo v časovém rámci. Tedy místo bývalé hudební formy se pracuje s geometrií v čase. Kognitivní analýza je rozšířením formální/strukturální analýzy.

Ještě považuji za nutné vymezit oblast hudby, které se mé úvahy týkají.

V hudebním slovníku **Grove on-line** [4] definuje Arnold **Whittall** hudební formu jako stavebný nebo organizační prvek v hudbě. Původně bylo studium skladeb zaměřeno na uspořádání jejich prvků, ale postupně začalo převažovat pojetí skladby jako živého organismu. **Schönberg** jmenoval jako hlavní formotvorné síly logiku a soudržnost. **Adorno** označil jeho předpis jako metu, která je v post-tonální hudbě nedostižná, protože hudební materiál sám směřuje k fragmentaci a dezintegraci. Forma progresivně odůvodňuje, začleňuje všechny aspekty hudebního materiálu a ovládá je.

Dahlhaus jde ještě dál, protože podle něj už není podstatná ani organičnost formy, ale rozprava, diskuse. Rozhodujícím faktorem je hra odlišných, často víceznačných významů. Stále jde o principy zahrnující základní rozlišení mezi podobností a kontrastem, ale sdělení je vždy neodmyslitelně víceznačné. Podle **Johnsona** vyžaduje poststrukturální myšlení o formě, aby text sám podrýval samotnou myšlenku identity, odsunul možnost přidávání sumy částí nebo významů a dosažení sjednoceného, integrovaného celku.

Whittall tedy navrhuje novou definici formy: je to faktor, který napomáhá dosažení relativní stability v procesu hudební komunikace, který je ze své podstaty bez konce, otevřený.

Pokud se mám zabývat tektonikou, musím se omezit na hudbu, která nenejuje celek nebo generující algoritmus jako vyšší kvalitu.

Definice barvy zvuku

Dnešní všeobecně uznávané definice barvy zvuku (ANSI 1960):

Barva zvuku je ta vlastnost sluchového vjemu, která umožní posluchači rozlišit dva stejně prezentované zvuky, mají-li stejnou hlasitost a výšku.⁴

- s poznámkou: Barva závisí především na spektru podnětu, ale také na vlnové délce, tlaku zvuku, poloze frekvence ve spektru a na časové charakteristice podnětu.

A novější: Barva zvuku je taková vlastnost sluchového vjemu, pomocí které posluchač může rozeznat, že dva zvuky jsou nepodobné, použije-li jiného kritéria než je výška, hlasitost a doba trvání⁵

Přestože novější definice řeší některé nedostatky původní formulace (co je to stejně prezentovat, rozšíření srovnávání i na zvuky o neurčité výšce ap.), ještě stále jde o negativní vymezení pojmu. Plomp, Houtsma, Bregman, Handel a mnozí další se vůči této definici vymezují (podrobně viz má bakalářská práce). Objevuje se představa nadřazené veličiny tónové kvality, jejíž složky (barva, výška a hlasitost) jsou zřejmě závislé, jak stále jasněji prokazují psychoakustické experimenty.

Popis barvy zvuku

Barvu zvuku lze uchopit různými způsoby. Od metody jejího zkoumání se odvíjí i její popis. Zatím se nepodařilo skloubit všechna možná hlediska a dojít k popisu, který by zahrnul všechny zjištěné souvislosti.

Při snaze o vědecký přístup se nejvíc nabízí fyzikálně orientovaný **akustický přístup**, protože fyzikální měření probíhají dobře definovanými metodami a

snáz se řídí a reprodukuje než subjektivnější, psychologická měření [1:6]. Čistě fyzikálně založené teorie by ovšem mohly vést k představě, že hudba je fyzikální jev, slyšena uchem, které analyzuje kmitočty a je napojeno na neurální síť, citlivou na periodicity neurálních pulsů. To je ale zjednodušující pohled, protože člověk není jen organismus. Jeho vnímání je silně ovlivněno akulturací a jinými sociálními vlivy.

Fyzikální přístup studuje, *co* je zvuk, a ne *jak zní*. V tom spočívá jeho omezení. Ale i **psychologický přístup** zjednodušuje. Předpokládá totiž, že existuje přímý vztah mezi notou (notovaným prvkem – akordem apod.) a počítkem. Ovšem je prokázáno (Terhardt [5]), že jde o složitější vztah. Ani psychoakustika, která se zabývá vztahy mezi fyzikálními vlastnostmi podnětu a posluchačovými popisy vjemů, které podnět vybudil, tento problém neřeší. Mnohé psychoakustické experimenty staví na notaci.

Percepční prostory

Většina pokusů o popis barvy zvuku vedla k výčtu parametrů nebo polarizovaných vlastností, které vymezují z daného pohledu její nejvýznamnější rysy. Jedna z cest, jak stanovit takové parametry, jsou psychoakustické experimenty. Nejčastěji jsou založeny na porovnávání párů podnětů a hodnocení jejich odlišnosti. Výsledky se pak mohou vyjádřit maticí vzdáleností mezi páry podnětů. Jejich výhodou je neverbální vyjádření vztahu posuzovaných podnětů. Tyto matice jsou následně vyhodnocovány pomocí metod multidimenzionálního škálování (MDS). Jejich výsledkem je geometrická konfigurace podnětů v percepčním prostoru zpravidla o nízkém počtu dimenzí. Pro interpretaci výsledného percepčního prostoru je obvykle nutné použít externí data.

Tak vznikají tzv. percepční prostory. Někteří vědci (Grey a Wessel, Krumhanslová, McAdams, Ilmoniemi) pojmají barvu zvuku jako statickou veličinu, jiní (Jensen, Hourdin) jako veličinu dynamickou, kdy zvuk není reprezentován bodem, ale dráhou v prostoru.

Existují již i **aplikace** percepčních prostorů, například výcvikové programy. **Andrea Szigetvári** představila minulý rok na kongresu multimédií v Hamburku svůj *Real-time timbre solfège thesaurus*⁶, který rozvíjí schopnosti zapamatovat si, rozeznávat a rozpoznat kvality hudební barvy. Odvolává se na McAdamse, podle nějž je paměť snad jakýmsi zásobníkem, který je sám modelem odvíjejícího se fyzického světa a je strukturován podle toho, co je pro koho ve světě kolem něj důležité. Szigetvári založila svoji práci na dimenzích Wessela. Pracuje s tzv. sonoritami. Pro různé výukové cíle byly vytvořeny různé verze programu. Liší se podle cílových skupin výuky zobrazením (reprezentací) barvy zvuku: grafické, popisné a parametrické. Podobný program na zvýšení citli-

vosti při vnímání barvy a na zlepšení paměti pro barvu vznikl v roce 1992 na Chopinově Akademii ve Varšavě [6].

Existuje také software, který by měl usnadnit instrumentaci [7].

Operace na prostoru barvy

V rámci zaměření mé práce mne zajímají dvě základní operace: rozeznání a grupování, které podle Chouvelova modelu stačí k analýze a tedy i k zachycení hierarchické struktury skladby. Přijetím existence percepčního prostoru barvy zvuku se řeší problém rozeznání barev. Dále se budu věnovat jejich grupování a dokonce pohybu v percepčním prostoru barvy zvuku. Postupně problematiku abstraktních vztahů mezi barvami zvuku v hudební struktuře, tj. vektor barvy, sledy barev, vydělování sledů barev a jejich implicitní učení. Většina níže uvedených experimentů vychází z obecnějších psychologických zákonitostí aplikovaných na zvuk, konkrétně na jeho barvu.

Vektor barvy

V roce 1978 uveřejnili **Ehresman** a **Wessel** výsledky svého experimentu [8], ve kterém ověřovali percepci analogií barvy zvuku (později se ujal termín vektor barvy). Testovali obecný model analogie, tzv. paralelogram, který vyvinuli **Rumelhart** a **Abramson** [9]. Ve svém dvojrozměrném prostoru (viz předchozí kapitola) si určili výchozí vektor $A \rightarrow B$, reprezentující změnu barvy A do barvy B. Pak zkoušeli reakce posluchačů na vektory barvy $C \rightarrow D$, kde C bylo konstantní a D byla proměnná (čtyři možné barvy, stejně vzdálené od C, ale v různém směru). Posluchači měli hodnotit, nakolik se změna barvy $C \rightarrow D$ podobá změně $A \rightarrow B$. Vyhodnotili jako nejlepší předpokládaný vektor $C \rightarrow D$ paralelní s $A \rightarrow B$. Tak byla potvrzena hypotéza percepcce analogií.

Podobně postupovali v roce 1992 **McAdams** a **Cunibile** ve svém trojrozměrném prostoru [10]. Podařilo se jim prokázat percepci analogií, ale zjistili, že výsledky nelze generalizovat. Vymezili silný vliv následujících faktorů:

- 1) relativně nestabilní strategie probandů;
- 2) možný vliv relativní velikosti vektoru a vzdálenosti mezi porovnávanými vektory:
 - velké vektory je obtížné porovnávat s dostatečnou přesností,
 - totéž platí i pro malé vektory, které jsou hodně daleko od sebe;
- 3) percepční důležitost jednotlivých dimenzí nemusí být stejná;
- 4) možný význam specifických vlastností jednotlivých barev.

V roce 1999 se **McAdams** k problému vrátil [11], když se pokusil stanovit, nakolik se může barva zvuku podílet na strukturaci skladby. Kládl si znovu

otázku, proč ne vždy odpovídá bod D analogického vektoru očekávání. Vyloučil možnost, že by velikost vzdálenosti závisela na kontextu. Bod D neodpovídal očekávání jen tam, kde šlo o zdroje složitějšího zvuku a byly přítomny specifické vlastnosti barvy (viz Krumhanslová [12]). Pro barvy bez specifík totiž analogický vektor splnil očekávání. McAdams tedy došel k závěru, že práce s analogiemi barev je možná, ale omezená na kontrolované barvy (tedy synteticky tvořené).

Shrnu svá dosavadní zjištění (některá trochu oslabil oproti dřívějším pracím):

- člověk si může uložit znalost ohledně barvy tak, že lze vytvářet prediktivní percepční modely prostoru barev zvuku;
- barva je kombinací kontinuálních dimenzí a diskrétních vlastností, na něž jsou lidé různě citliví;
- pro kontinuální dimenze lze často nalézt odpovídající akustické vlastnosti, na jejichž základě lze budovat prediktivní modely percepce;
- vektory barvy v navrhovaném percepčním prostoru sice mohou být deformovány vlivem specifických vlastností zvuku, ale ne rozdílou citlivostí posluchačů, protože se prostor může v rámci kontinuálních dimenzí rozšiřovat nebo smršťovat a stejně, kontrolovaně a systematicky, se mění i vztahy v něm;
- prostor dává alespoň kvalitativně možnost odhadnout vydělování barevných proudů – čím dál jsou barvy od sebe v prostoru, tím větší je pravděpodobnost vydělení.

Vydělování sledů barev

Posledním bodem McAdamsova souhrnu se dostávám k otázce vydělování hudebních proudů (*stream segregation*). Již Wessel [13] upozornil na sluchové efekty související s barvou zvuku. Zajímalo ho, jak se dají vysvětlit pomocí percepčního prostoru barvy, jak budou souviset s jeho dimenzemi a vzdálenostmi barev jednotlivých tónů v daném prostoru. Provedl experiment, ve kterém hledal mez, kdy se z jedné linie výšek stanou linie dvě vlivem rozdílu barev hudebních tónů. Daný jev nazval melodické *fission* (rozdělení proudů).

Jde o další projev závislosti parametru výšky a barvy. V roce 1987 se této otázce věnoval Singh [14]. Provedl experiment, který měl osvětlit, podle čeho posluchači grupují události, zda podle výškových vztahů nebo podle blízkosti barev. Vytvořil čtyřtónové řetězce, kde kombinoval vybrané barvy a výšky. Pro m barev (T - *timbre*) a n výšek (P - *pitch*) vytvořil řetězce ve tvaru

$$T_2P_1 - T_mP_1 - T_2P_n - T_mP_n$$

Probandi byli dotazováni, zda si jsou sledy podobné barvou, nebo blízkostí výšek, nebo obojím. Výsledky prokázaly, že barva konkuruje svým významem výšce. Projevuje se zde prolínání těchto dvou kategorií, související s dvojitým možným způsobem vnímání výšky. Psychoakustik **Ernst Terhard** [15] rozlišil spektrální výšku (vnímanou analyticky, jde o výšku čistého tónu) a virtuální výšku (závislou na naučeném zaostřování, je vnímána synteticky, jde o výšku složeného tónu).

Později **Singh** s **Hirshem** [16] upřesnili vliv kontextu. Spektrální výška přispívá k vjemu jak celkové výšky, tak i barvy a posluchač vyhodnocuje spektrum v závislosti na kontextu.

Dokonce dochází vlivem barvy zvuku k iluzivní velikosti intervalu mezi tóny, přestože výšky jsou vnímány správně. **Russo** a **Thompson** dávali posluchačům srovnávat velikosti dvou melodických intervalů [17]. Byly to buď zvětšené kvarty nebo čisté kvinty. Z tónu na tón se měnila nejen výška, ale i barva zvuku a to dvojitým způsobem. Buď se barva měnila ve shodě se směrem intervalu (při vzestupném pohybu výšky z tmavé do světlé barvy), nebo byl pohyb barvy v rozporu s pohybem výšky a nebo beze změny. Výsledky prokázaly sluchovou iluzi, kdy interval sedmi půltónů s protikladným pohybem barvy byl vnímán jako menší než interval šesti půltónů s podporou změny barvy. Kontrolní experiment prokázal, že vlivem barvy se nemění vnímaná výška tónu.

Vydělování událostí může probíhat vertikálně nebo horizontálně. V případě vertikály jsou rozhodující akustické klíče: synchronnost nasazení a harmonicitu, ale význam mají i klíče týkající se pozornosti: amplituda a frekvenční modulace a pozice v prostoru. Pro horizontální vydělování proudů (*streams*) jsou důležitými faktory akustické podobnosti následných událostí, především lze jmenovat fundamentální frekvenci zvuku, obsah jeho spektra a intenzitu. Důležitý je také počet událostí ve sledu.

Dlouhou dobu se za jediný významný faktor považovalo tzv. *peripheral channelling* (představa, že následné zvuky vybudují odlišné kanály/*channels* zpracování signálu rozdílem ve frekvenci nebo tím, že jdou signály střídavě do levého a pravého ucha). Postupně byl ale prokázán i vliv dalších faktorů. **Iverson** [18], **Cusack** a **Roberts** [19, 20] a **Moore** s **Gockelem** [21] provedli řadu experimentů. Navodili situace, kdy posluchači slyšeli sled tónů jako z více zdrojů (*fission*), i když tóny vybudovaly v uchu podobné, překrývající se vzorce. Zjistili, že základním módem poslechu je slyšet sled tónů, jako by přicházel z jednoho zdroje (*fusion*). Teprve po přibližně 10 sekundách, pokud si ověří dostatečné rozdíly dvou proudů, je začne posluchač vnímat odděleně. Jakákoli prudká změna vede k návratu na výchozí pozici, tedy vnímání jediného proudu. Byla pozorována setrvačnost poslechového módu s vydělováním proudů (*fission*), který zaniká exponenciálně. Je zajímavé, že doba působení této setrvačnosti je u hudebníků výrazně delší než u nehudebníků: 7,8 s : 1,4 s.

Vydělování proudů tedy může vzniknout buď jako důsledek *periferal channeling*, nebo se mohou uplatnit, pokud jsou percepčně dost významné, i jiné faktory: tvar časové obálky, rozdíl ve fundamentálu, ve spektru fáze nebo v lateralizaci (tj. nastanou-li mezi pravým a levým uchem rozdíly časové nebo v intenzitě zvuku). **Moore** vyslovil hypotézu, že rozsah vydělování proudů přímo souvisí se stupněm percepční odlišnosti následných tónů. Jakýkoli dost výrazný/*salient* rozdíl může vést k vydělování proudů.

Důležité je také zaměření posluchače, tedy zadání úkolu. Malé percepční rozdíly stačí, když úspěšné splnění úkolu vyžaduje vydělování proudů. Aby došlo k neovladatelnému/*obligatory*⁷ vydělování proudů, jsou nutné velké percepční rozdíly.

Z uvedeného vyplývá, že pojem *salience* – výraznost, tj. pravděpodobnost, že objekt nebo podnět bude zaregistrován, případně míra jeho důležitosti a síly, je klíčovým v otázce tektonické funkce hudební složky.

Považuji za přínosné uvést ještě výsledek výzkumu **Elyse S. Sussmana** [22], kterého zajímalo, v jakém vztahu budou vydělovací a integrační procesy, když je bude posluchač nucen aktivovat zároveň. Zjistil, že integrace zvukových elementů proběhla po vydělení zvuků do nezávislých proudů. Navíc v rámci vyděleného proudu působí kontextuální faktory, které ovlivňují, jak jsou zvukové prvky integrovány a reprezentovány ve sluchové paměti.

Práce se sledy barev

První, kdo se vážně zabýval složkou barvy zvuku jako samostatnou a formotvornou, byl americký skladatel **Wayne Slawson**. Ve své knize [23] popsal percepční prostor barev (ovšem východiskem mu byly zvuky samohlásek) a pak se věnoval práci se sledy barev. Probral transpozice, inverze i seriální práci. Sám v závěru konstatoval, že jeho teorie je odvozená spíš cestou matematické logiky, než na základě rozborů skladeb a jejich účinků. Vědomě spíš naznačil slibný směr nových hudebních výbojů, než že by psal ucelenou teorii práce s barvou zvuku. Krumhanslová [12] se k jeho postupům vyjádřila kriticky. Upozornila, že Slawson aplikuje na barvu zvuku operace, které jsou percepčně zachytitelné pro výšku (inverze, rak, inverze raka – prokázáno [24]). Ale při operacích na výšce se pracuje vždy s jednou stejnou (lineární) dimenzí výšky, tedy jde o změnu vždy stejně podstatnou. Barva je vícedimenzionální, a tam je nutné brát v potaz, jak je dimenze, kde dojde ke změně, percepčně důležitá/*salient*. Při práci s vektory v percepčním prostoru nestačí zachovat jejich velikost, ale i směr, pro vektory neshodného směru zatím percepční význam prokázán nebyl.

Implicitní učení

Posledním krokem, který zbývá probrat, je zapamatovatelnost sledů barev. Zatím jsem našla jen dva experimentální výzkumy, které se zabývají tak komplexním kognitivním procesem. V prvním z nich je řešena otázka, zda jsou sledy barev rozeznávány v závislosti na svých statistických vlastnostech nebo podle podobnosti akustických vlastností barev. Druhý soubor testů se sice týká melodií, tedy sledů výšek, ale prokazuje, že při implicitním učení se neukládají do paměti pouze celky následných událostí, ale že se osvojují i pravidla, týkající se událostí, které spolu nesousedí.

Barbara Tillmann a **Stephen McAdams** postavili experimenty analogické s experimenty týkajícími se řeči [25]. Jako první použili akusticky komplexní materiál – barvy zvuku, které obměňovali na základě dimenzí McAdamsova percepčního prostoru. Vytvořili sledy trojic barev, které se lišily mírou podobnosti ve dvou směrech: statistickými vlastnostmi a akustickými parametry. Testované osoby byly nebo nebyly vystaveny poslechu těchto sledů, a pak určovaly, zda určitá trojice patří nebo nepatří do určitého sledu. Výsledky testů prokázaly, že kognitivní systém se stává citlivým na pravidelnost prostředí, tedy vliv statistických vlastností převládá nad vlivem akustických parametrů. Z toho vyplývá, že i v nových skladebných systémech posluchač začne být citlivý pouhým vystavením se poslechu.

Tým se hodlá dále zabývat hlavně otázkou důrazu, „přízvuku“, tedy náhlé změny výraznosti/*salience* barvy. Co je to v barvě důraz? Kandidáty jsou velké vzdálenosti barev a zvuky s krátkou fází nasazení.

Kuhn a **Dienes** se dlouhodobě zabývají hudebními celky, které jsou vytvářeny nějakými algoritmy, pravidly a jejich percepcí. V oblasti výzkumu podvědomého (implicitního) učení je nejrozšířenější názor, že se do paměti ukládají fragmenty celků/*chunks* a ty jsou dál porovnávány. Ovšem takto se dá vysvětlit ukládání jen první úrovně hierarchicky uspořádané struktury. Kuhn a Dienes vyslovili hypotézu [26], že posluchači se učí i nelokální závislosti, a to jako pravidla podobná algebraickým operacím s proměnnými. Vystavěli složitý soubor experimentů, kde postupnou eliminací možných vlivů dokázali existenci jiných postupů učení než prostého ukládání sledů sousedních událostí.

Provedené experimenty byly vyhodnoceny a výsledky prokázaly učení nějakých nelokálních závislostí. Ovšem nepodařilo se již určit přesně, zda šlo o učení analogické osvojování gramatiky s dvěma podmínkami (*biconditional*), nebo o operace s proměnnými. Pravděpodobnější je druhá možnost, která se dá modelovat jednoduchou rekurentní sítí. Učí se předvídat následující prvek sledu, ale ukládá i nelokální závislosti.

Pro dokreslení obrazu současného stavu poznání uvádím kritický postoj **Erica Scheirera** k percepčním prostorům [27]. Jeho hlavní námitka spočívá

v upozornění na fakt, že nebylo experimentálně podepřeno, že tóny jsou skutečně v mozku základní mentální reprezentací hudební percepce a kognice. Podle něj v mozku dochází k mnoha interferencím a sgrupované zvuky jsou vnímány a zpracovávány jako celek. Toto tvrzení odpovídá výše zmíněnému základnímu modu vnímání zvukového proudu jako z jednoho zdroje. Je pravda, že mnoho teorií se zabývá studiem událostí, které se definují v závislosti na notaci a ne na percepci.

Scheirer navrhuje pracovat se sluchovými událostmi, které se vydělují podle psychoakustických klíčů: stopy/*tracks*, hluková charakteristika a typ nástupu zvuku. Percepce podle něj odpovídá modelu předvídání, kdy se podle momentálního kontextu neustále vyhodnocuje, co bylo právě slyšeno a co je známo (abstraktní znalost). To je vlastně Chouvelův algoritmus, který jsem uvedla v kapitole Tektonická funkce.

Scheirerovy výtky nejsou dnes již tolik aktuální, až na jednu: existují sluchové události, které jsou nedělitelné na percepčně menší jednotky. Některé sluchové vjemy se nedají vysvětlit procesy zdola nahoru, je nutné zohlednit vklad percepce, která vjem změní, nebo dokonce vytvoří jiný. Výše jsem uvedla percepční iluzi rozdílně velkých intervalů díky barvám tónů. **Bregman** [28] mluví o sluchových chimérách. Alespoň jedna pro ilustraci:

e
c - cis - c - cis
a

Podle tempa zaznívá buď souzvuk dur nebo moll, ale po překonání určité hranice zní jen kvinta. Oblast sluchových iluzí je hudební teorií neprávem přehlížena.

Závěr

Uvedené výsledky výzkumů považuji z hlediska soudobé hudby za povzbudivé: Barva zvuku je schopna plnit tektonickou funkci, pokud se k tomu vytvoří vhodné podmínky, tedy berou se v potaz následující fakta:

- práce s analogiemi barev je možná, ale omezená na kontrolované barvy (synteticky tvořené)
- barva je kombinací kontinuálních dimenzí a diskrétních vlastností, na něž jsou lidé různě citliví
- posluchač vyhodnocuje spektrum zvuku v závislosti na kontextu buď jako výšku nebo jako barvu zvuku
- jakýkoli dost výrazný/*salient* rozdíl může vést k vydělování zvukových proudů

- rozsah vydělování proudů přímo souvisí se stupněm percepční odlišnosti následných tónů
- vydělování zvukových proudů závisí také na zaměření posluchače
- v rámci vyděleného proudu působí kontextuální faktory a ovlivňují, jak se integrují a reprezentují zvukové prvky ve sluchové paměti
- statistické vlastnosti sledů zvuků převládají nad akustickými, tedy kognitivní systém získává citlivost na pravidelnosti prostředí
- učení hudební struktury se pravděpodobně dá modelovat jednoduchou rekurentní sítí, která se učí předvídat příští člen sledu, ale ukládá i nelokální závislosti.

Závislost přístupu k barvě zvuku na těžišti výzkumu zatím znemožňuje zavedení jednoznačného terminologického systému. V této chvíli lze pouze sledovat všechny uvedené oblasti a především momenty, kde se potkávají. Při analýze skladby je pak třeba se opřít o vhodné hledisko. Jeho volba podle mne podstatně ovlivňuje úspěšnost a výpovědní hodnotu analýzy.

Poznámky

- 1 Zkrácená verze bakalářské práce.
- 2 Kognitivní vědy mohou poskytnout hudebnímu teoretikovi prostředky k uchopení takových momentů, protože staví na seriózních experimentech nebo statistických a jiných počítačových operacích a metodách. Jde o soubor vědních disciplín, zabývajících se procesy a činnostmi mysli a mozku, které se týkají intelektu, emocí a racionality – tedy největší podíl mají filosofie, neurovědy, počítačové vědy, psychologie a lingvistika.
- 3 Gibson, James J.: *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin, Boston 1979, s. 306.
- 4 ANSI – American National Standards Institute 1960, revize 1976: „Timbre is that attribute of auditory sensation which enables a listener to judge that two sounds, similarly presented and having the same loudness and pitch are dissimilar.“
- 5 Pratt, R. L. – Doak, P. E.: A subjective rating scale for timbre. *J. Sound Vibr.*, 1976, vol. 45, s. 317-328: „Timbre is that attribute of auditory sensation whereby a listener can judge that two sounds are dissimilar using any criteria other than pitch, loudness or duration.“
- 6 Dostupné na: <http://mmm.hfmt-hamburg.de/index.php?id=151&L=0> [on-line / cit. 6. 5. 2008].
- 7 Nepodléhající vůli.

Použitá literatura

- [1] Parncutt, Richard: *Harmony: A Psychoacoustical Approach*. Springer-Verlag, Berlin 1989.
- [2] Chouvel, J.-M.: Structural analysis and Cognitive activity Towards Real-Time Methods in Musical Analysis. *Journal of New Music Research*, 2004, vol. 33, no. 1, s. 19-29.
- [3] Narmour, Eugene: *The analysis and cognition of melodic complexity: the implication-realization model*. The University of Chicago Press, Chicago 1992.
- [4] Grove on-line: Form: <http://www.grovemusic.com/shared/views/article.html?section=music.09981.1#music.09981.1> [on-line / cit. 6. 5. 2008].
- [5] Terhardt, E. - et al.: Algorithm for extraction of pitch and pitch salience from complex tonal signals. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1982, vol. 71, s. 679-688.
- [6] Miśkiewicz, A.: Timbre Solfege: A Course in Technical Listening for Sound Engineers. *Journal Audio Eng. Society*, 1992, vol. 40, s. 621-625.
- [7] Carpentier, G. - et al.: Imitative and Generative Orchestrations Using Pre-Analysed Sounds Databases. In: *SMC'06*. Marseille, Mai 2006, s. 115-122.
- [8] Ehresman, David E. - Wessel, David L.: *Perception of Timbral Analogies*. Rapport Ircam 13/78. Ircam - Centre Georges-Pompidou, Paris 1978.
- [9] Rumelhart, D. E. - Abrahamson, A. A.: Toward a Theory of Analogical Reasoning. *Cognitive Psychology*, 1973, vol. 5, s. 1-28.
- [10] McAdams, S. - Cunibile, J.-C.: Perception of timbral analogies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B - Biological Sciences*, 1992, vol. 336, no. 1278, s. 383-389.
- [11] McAdams, S.: Perspectives on the Contribution of Timbre to Musical Structure. *Computer Music Journal*, 1999, s. 85-102.
- [12] Krumhansl, C.: Why is Musical Timbre so hard to understand? In: J. Nielzen, O. Olsson (eds.), *Structure and Perception of Electroacoustic Sound and Music*. Elsevier, Excerpta Medica 846, Amsterdam 1989, s. 43-53.
- [13] Wessel, David L.: *Timbre Space as a Musical Control Structure*. Rapport Ircam 12/78, 1978. Ircam - Centre Georges-Pompidou, Paris 1978, 1999.
- [14] Singh, P. G.: Perceptual organization of complex-tone sequences: a tradeoff between pitch and timbre? *J. Acoust. Soc. Am.*, 1987, vol. 82, no. 3, s. 886-899.
- [15] Terhardt, E.: Pitch, consonance and harmony. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1974, vol. 55, s. 1061-1069.
- [16] Singh, P. G. - Hirsh, I. J.: Influence of spectral locus and F_0 changes on the pitch and timbre of complex tones. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1992, vol. 92, no. 5, s. 2650-2661.
- [17] Russo, F. A. - Thompson, W. F.: An Interval Size Illusion: The Influence Of Timbre On The Perceived Size Of Melodic Intervals. *Perception & Psychophysics*, 2005, vol. 67, is. 4, s. 559-568.
- [18] Iverson, P.: Auditory stream segregation by musical timbre: Effects of static and dynamic acoustic attributes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1995, vol. 21, s. 751-763.
- [19] Cusack, R. - Roberts, B.: Effects of differences in timbre on sequential grouping. *Perception & Psychophysics*, 2000, vol. 62, s. 1112-1120.

- [20] Cusack, R. – Roberts, B.: Effects of differences in the pattern of amplitude envelopes across harmonics on auditory stream segregation. *Hearing Research*, 2004, vol. 193, s. 95-104.
- [21] Moore, C. J. – Gockel, H.: Factors Influencing Sequential Stream Segregation. *Acta Acustica* united with *Acustica*, 2002, vol. 88, s. 320-332.
- [22] Sussman, E. S.: Integration and segregation in auditory scene analysis. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2005, vol. 117, no. 3, s. 1285-1298.
- [23] Slawson, Wayne: *Sound Color*. University of California Press, Berkeley – Los Angeles – London 1985.
- [24] Dienes, Z. – Longuet-Higgins, C.: Can musical transformations be implicitly learnt? *Cognitive Science*, 2004, vol. 28, s. 531-558.
- [25] Tillmann, B. – McAdams, S.: Implicit Learning of Musical Timbre Sequences: Statistical Regularities Confronted With Acoustical (Dis)Similarities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2004, vol. 30, no. 5, s. 1131-1142.
- [26] Kuhn, G. – Dienes, Z.: Implicit Learning of Nonlocal Musical Rules: Implicitly Learning More Than Chunks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2005, vol. 31, no. 6, s. 1417-1432.
- [27] Scheirer, E. D.: Bregman's Chimerae: Music Perception as Auditory Scene Analysis. In: *Proc. International Conference on Music Perception and Cognition*. McGill University, Montreal – Quebec 1996.
- [28] Bregman, Albert S.: *Auditory Scene Analysis*. MIT Press, Cambridge 1990.

Résumé

On the Form-bearing Function of Timbre

The article deals with the issues of timbre which has been for a long time neglected by music theory for its subjective and ungraspable character. With the development of new branches of science, the situation has changed. Psychoacoustics and cognitive sciences unite perception and measurable acoustic parameters of sound. They certify the existence of common features in perception of different individuals and the possibility of following classification of timbres which can be also used at theoretical analyses of compositions.

The author gradually elaborates the general requirements for a music component to be form-bearing, the variety of definitions and descriptions of timbre, timbre perception models and operations on perception spaces. In the main part, experimental data are presented supporting the claim that from the cognitive point of view, timbre satisfies the requirements set at the beginning and therefore it can be, with certain limitations, considered form-bearing in music.