5

# Falešně dokonalá intonace

Dokonalá intonace a nasazování tónů působí u některých zpěváků populární hudby často podezřele, zvlášť když jde o amatérské pěvce v talentových soutěžích. Když si poslechneme obdobné soutěže z dřívějších dob, nikde takovou míru dokonalosti nenajdeme. Naše podezření jsou oprávněná. Používají se totiž určité matematické triky, které vyčistí a vylepší zpěvákův výkon, takže i falešný projev zní dokonale a má přesnou intonaci.

V roce 1996 se Andy Hildebrand rozhodl využít své znalosti z oblasti zpracování signálu při hledání ložisek ropy. Zkoumal odrazy seismických signálů odesílaných pod zem s cílem zmapovat rozložení hornin a ropy. Následně se rozhodl využít své akustické znalosti ke zkoumání korelací mezi různými hudebními zvuky a vytvořit automatický intervenční systém k odstraňování nebo úpravě zvuků, které neznějí čistě nebo jsou jinak nelibozvučné. Podle všeho k tomu došlo poté, co se rozhodl skončit s hledáním ložisek ropy a přemýšlel, do čeho se pustí dál. Jednoho dne pořádal večeři pro pár přátel a jedna účastnice ho vybídla, zda by jí nepomohl najít způsob, jak zpívat čistě. A to se mu povedlo.

Hildebrandův program automatického dolaďování tónů zpočátku využívalo jen několik málo nahrávacích studií, ale postupně se stal v hudební branži standardem. V současné době jej lze jako efekt připojit k mikrofonu, kde dokáže

v reálném čase rozpoznávat a opravovat nečisté tóny a výkyvy v ladění. Automaticky dolaďuje výstup, takže bez ohledu na kvalitu vstupu zní vždy čistě. Hildebranda tento vývoj velmi překvapil. Původně totiž očekával, že program bude schopen tu a tam opravit občasný neladící tón, a ne že bude průběžně zpracovávat celé vystoupení. Zpěváci postupně začali považovat za samozřejmé, že jejich nahrávky se zpracovávají pomocí automatického dolaďovacího efektu. To mělo samozřejmě vliv na homogenizaci hudební produkce, což je vidět zejména v případech, kdy stejnou skladbu nazpívají různí interpreti. Zpočátku byl tento software drahý, ale během let začaly být dostupné i levnější verze pro domácí použití a pro milovníky karaoke, a nyní je jeho vliv všudypřítomný.

Většina posluchačů, kteří nejsou přímo z hudební branže, se s tímto fenoménem nejspíše poprvé setkala, když se v populární televizní soutěži mladých talentů *X Faktor* strhl povyk kvůli tomu, že výkony soutěžících se vylepšovaly právě automatickým dolaďováním. Po protestech se použití tohoto zařízení v soutěži zakázalo a zpěváci nyní čelí mnohem náročnějšímu úkolu, jaký skýtá skutečný zpěv naživo.

Automatický dolaďovací program nejenže dolaďuje frekvenci tónů zpěváka na nejbližší půltón (tedy na tón některé klávesy na klavíru), ale musí provést i další úpravy. Frekvence tónu je totiž rovna podílu rychlosti vlnění a vlnové délky, takže při změně frekvence tónu se změní také odpovídající rychlost vlnění a délka tónu. Bez úpravy by hudba zněla, jako kdyby ji někdo neustále zpomaloval a zrychloval. Hildebrandův trik spočívá v tom, že hudební obsah se digitalizuje, rozdělí se do nespojitých sekvencí zvukových signálů a po úpravě frekvence a rekonstrukci vyčištěného hudebního signálu se upraví i doba trvání vlnění, aby vše znělo, jak má.

Celý proces je poměrně komplikovaný a je založen na matematické metodě označované jako Fourierova analýza.

Tato metoda umožňuje rozložit jakýkoli signál na součet různých sinusových vln. Dá se to popsat, jako by tyto jednoduché vlny byly základními stavebními bloky, z nichž lze složit libovolně složitý signál. Rozklad komplexního hudebního signálu na součet vln (stavebních bloků) s různými frekvencemi a amplitudami umožňuje velmi rychle provádět korekci výšky a kompenzaci délek tónů, takže posluchač nemá šanci cokoli postřehnout. Tedy samozřejmě za předpokladu, že mu není podezřelé, že dotyčný jedinec zpívá až příliš dokonale.

6

# Taneční skok „grand jeté“

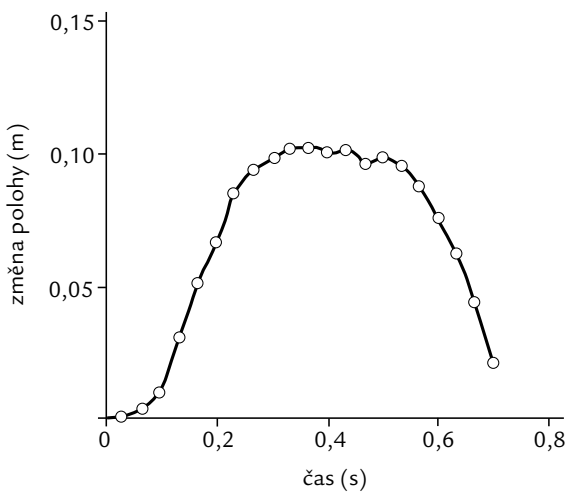
Při sledování baletu se divákovi může někdy zdát, že baleríny popírají gravitaci a při skocích se na chvíli nehybně „zavěsí“ do vzduchu. Samozřejmě, že ve skutečnosti gravitaci popřít nemohou. Jsou tedy všechny ty výrazy typu „zavěšení se do vzduchu“ pouhou nadsázkou nekriticky nadšených obdivovatelů a komentátorů?

Skeptici naopak tvrdí, že pokud je těleso – v tomto případě lidské tělo – vymrštěno ze země, musí se jeho těžiště (nacházející se přibližně v 55 % jeho výšky[1]) pohybovat po parabolické dráze a žádná akce milého tělesa na tom nemůže nic změnit. Když ale budeme v zákonech mechaniky číst šikovně mezi řádky, uvědomíme si, že po parabolické dráze se musí pohybovat pouze těžiště tělesa. Pokud budete mávat pažemi nebo skrčíte kolena k břichu, můžete rozložení částí těla vzhledem k těžišti změnit. Když vyhodíte do vzduchu nesymetrický předmět, například šroubovák, můžete pozorovat, že jeden jeho konec ve vzduchu opisuje značně složitou zpětnou smyčku. Těžiště šroubováku se však bez ohledu na to bude pohybovat po staré známé parabolické dráze.

Nyní už začínáme chápat, co dokáže se svým tělem hráč basketbalu. Jeho těžiště se pohybuje po parabolické dráze, hlava však nemusí. Pohyby těla může dosáhnout toho, že hlava na své dráze zůstane ve stejné výšce co nejdelší dobu (až půl sekundy). Když sledujeme jeho skok, sledujeme pouze

hlavu, a nevšímáme si těžiště. Hlava Michaela Jordana se skutečně po určitou krátkou dobu pohybuje po vodorovné trajektorii. Není to iluze a nejedná se o porušení fyzikálních zákonů. Tento trik můžeme v ladnějším provedení vidět také v baletu, když balerína při velkolepém skoku s názvem grand jeté vyskočí do vzduchu a zcela roznoží. Snaží se dosáhnout iluze vznášení se ve vzduchu z estetických důvodů. Ve fázi výskoku vykopne nohy do vodorovné polohy a paže zvedne nad úroveň ramen. Tím zvýší polohu svého těžiště vzhledem k hlavě. Záhy poté nechá při pádu na podložku klesat nohy i paže, takže klesá i její těžiště vzhledem k hlavě. Ovšem pohyb baletčiny hlavy během výskoku vnímáme jako vodorovný, protože těžiště ve fázi výskoku putuje jejím tělem vzhůru. Po celou dobu se pohybuje po očekávané parabolické dráze, avšak hlava zůstává ve stejné výšce nad podlahou přibližně po 0,4 s, a tím vytváří nádhernou iluzi vznášení se.[2]

Fyzici při pokusech sledovali pohyby tanečnic za pomoci senzorů. Na následujícím obrázku je vidět průběžná změna



polohy hlavy tanečnice vzhledem k jevišti během skoku. V prostřední fázi skoku vidíme v grafu velmi zřetelnou „náhorní plošinu“ s téměř vodorovným úsekem, který odpovídá iluzi vznášení se ve vzduchu a odlišuje se od parabolické dráhy, po níž se pohybuje těžiště.

7

# Na co byste neměli věřit

Je opravdu možné, aby nějaká víra byla nemožná? Nemáme zde na mysli jen obyčejně pomýlenou víru, ale takovou, která není možná v logickém smyslu slova. Filozof Bertrand Russell vytvořil slavný logický paradox, který měl dalekosáhlé důsledky pro matematiky, kteří se pokoušejí ukázat, že matematika není nic jiného než logika: soubor všech tvrzení neboli vět, které lze odvodit z určitého souboru počátečních předpokladů, zvaných „axiomy". Russell nás seznámil s pojmem množiny všech množin. Pokud si například množiny představíme jako knihy, lze katalog knihovny považovat za množinu všech množin. Samotný tento katalog může být také knihou, a tudíž bude zároveň prvkem množiny všech knih, ale není to nutné – mohlo by se také jednat o CD nebo o kolekci kartotéčních lístků.

Russell po nás nyní žádá, abychom si představili množinu všech množin, které *nejsou* prvkem sebe sama. To zní trochu krkolomně, ale vypadá to nevinně – dokud se na celou věc nepodíváme zblízka. Předpokládejme, že jste prvkem uvedené množiny – potom ale podle definice jejím prvkem nejste. A pokud naopak jejím prvkem nejste, tak se snadno vyvodí, že jím ve skutečnosti jste! Konkrétněji vzato po nás Russell chce, abychom si představili holiče, který holí všechny lidi, kteří se sami neholí: ale kdo potom holí holiče?[1] A právě tohle je proslulý Russellův paradox.

Logické paradoxy tohoto druhu lze rozšířit na situace,

v nichž se vyskytují dva účastníci, kteří se jeden o druhém něco domnívají nebo něco předpokládají. Předpokládejme, že účastníci se jmenují Alice a Bob. Představme si, že:

> *Alice si myslí, že Bob má za to, že ona (Alice) si myslí, že Bobova domněnka je mylná.*

Tento názor je nemožné zastávat. Protože pokud by si Alice myslela, že Bobova domněnka je mylná, pak by si vlastně zároveň myslela, že Bobova domněnka – tedy že „Alice si myslí, že Bobova domněnka je mylná" – je správná. To znamená, že Alice si nemyslí, že Bobova domněnka je mylná, což odporuje předpokladu, který Alice udělala na počátku. Jediná další možnost je, že Alice si nemyslí, že Bobova domněnka – tedy že „Alice si myslí, že Bobova domněnka je mylná" – je mylná. To ovšem znamená, že Alice si myslí, že Bobova domněnka – tedy že „Alice si myslí, že Bobova domněnka je mylná" – je správná. Ale i zde dojdeme ke sporu, protože z toho zároveň vyplývá, že Alice si myslí, že Bobova domněnka je mylná!

Tak jsme ukázali názor, který není možné logicky zastávat. Ukazuje se, že tato logická šaráda má dalekosáhlé důsledky. Vyplývá z ní, že pokud jazyk, který používáme, obsahuje prostou logiku, pak v něm musí vždy existovat tvrzení, jejichž logickou konzistenci nelze nijak zajistit. V uváděných situacích, v nichž si Alice a Bob jeden o druhém něco myslí, to znamená, že vždy musí existovat určitá domněnka, kterou můžete v daném jazyce o druhé osobě (nebo možná o nějaké božské entitě?) tvrdit, aniž by ji bylo možné konzistentně zastávat.[2] Uživatelé jazyka mohou o těchto logicky nemožných názorech přemýšlet a mluvit, ale nemohou je zastávat.

Stejné dilema vyvstane také v některých soudních případech, kdy porotci musejí posuzovat pravděpodobnost urči-

tých závěrů, které mohou být podmíněně závislé na dalších informacích. Tak se může stát, že vynesou rozhodnutí o vině, které je při předložených důkazech o pravděpodobnosti předpokládaných jevů logicky nemožné. Pokusy o nápravu tohoto problému zavedením výukových kurzů o základních principech podmíněné pravděpodobnosti jsou v britském právním systému tvrdošíjně odmítány, ačkoli v USA se osvědčily.

8

# Xerografie: jedno déjà vu za druhým

Před nástupem počítačů si učitelé, univerzitní lektoři a profesoři často zoufali, že místo studia se dnes už jen kopíruje. Kdo ale udělal první fotokopii a uvedl do pohybu tohoto molocha, který až dosud spotřebovává každý den neuvěřitelné množství papíru?

Viníkem je americký právník a amatérský vynálezce Chester Carlson.[1] I když roku 1930 vystudoval fyziku na kalifornské technice, nemohl najít stálou práci a jeho rodiče pro chronické nemoci přišli na mizinu. Velká hospodářská krize se prohlubovala a Carlson musel vzít zavděk jakýmkoli zaměstnáním, které mohl dostat. Nakonec se uplatnil v patentovém oddělení Malloryho společnosti pro výrobu baterií. Ve snaze co nejlépe využít příležitosti navštěvoval večerní školu pro právníky a po promoci se stal manažerem celého oddělení, a tehdy mu začalo vadit, že nikdy nebyl dostatek kopií patentových dokumentů pro všechny organizace, které je potřebovaly. Mohl je nanejvýš dát ofotografovat – což bylo drahé – nebo je přepsat ručně, což bylo zase nepříjemné, protože měl slabý zrak a trpěl bolestivou artritidou. Musel hledat levnější a pohodlnější způsob, jak vytvořit kopie.

Nebylo to nic lehkého. Carlson strávil větší část roku hledáním vhodných fotografických technik, dokud při pátrání v knihovně nenarazil na novou vlastnost „fotovodivosti", kterou nedlouho předtím objevil maďarský fyzik Paul Selényi. Zjistil, že když světlo dopadne na povrch jistých látek,

vzrůstá jejich elektrická vodivost neboli tok elektronů. Carlson si uvědomil, že když je fotografie či stránka textu osvícena tak, že se stane fotovodivou plochou, pak elektrický proud poteče ve světlých oblastech, ale nikoli v oblastech tmavě potištěných, a mohla by tak vzniknout elektrická kopie. Zařídil si provizorní domácí elektronickou laboratoř v kuchyni svého bytu na Jackson Heights v newyorské čtvrti Queens a v noci experimentoval s různými technikami pro získání duplikátu obrazu na papíře.[2] Když ho manželka vykázala z kuchyně, přesunula se jeho laboratoř do salónu krásy v blízkosti Astorie, který mu propůjčila tchyně. Tam také 22. října 1938 vznikla první úspěšná kopie.

Carlson vzal zinkovou desku potaženou tenkou vrstvou sírového prášku a zapsal černým inkoustem na podložní sklíčko mikroskopu datum a místo „10–22–38 ASTORIA". Ztlumil světla, nabil sírovou vrstvu tím, že ji chvíli třel kapesníkem (podobně jako se nabije plastový míč třením o vlněný svetr), umístil na ni destičku a po několik sekund ji osvěcoval ostrým světlem. Poté sklíčko opatrně sejmul a poprášil plochu lykopodiovým práškem. Po odfouknutí prášku se objevil duplikát zprávy. Obraz zafixoval zahřátým voskovaným papírem tak, aby chladnoucí vosk zatuhl kolem míst, kde se uchytil prášek.

Carlson nazval svou novou techniku „elektrofotografií" a snažil se ji nabídnout několika velkým korporacím včetně IBM a General Electric, protože na další výzkum a vývoj neměl peníze. V žádné z nich však neprojevili sebemenší zájem. Jeho vybavení bylo těžkopádné a pracovní proces složitý a poněkud chaotický. Všichni si říkali, že průklepové a uhlové papíry bohatě stačí.

Teprve v roce 1944 vyšel Battelle Research Institute ve městě Columbus v Ohiu Carlsonovi vstříc a uzavřel s ním smlouvu, která zahrnovala vylepšení jeho hrubého postupu

tak, aby se dal komerčně využít.[3] O tři roky později od nich odkoupila všechna práva ke Carlsonově vynálezu společnost Haloid Company, která v Rochesteru vyráběla fotografické papíry, a začala plánovat tržní využití kopírovacích zařízení. První změnou, kterou s Carlsonovým souhlasem provedli, bylo nahrazení nešikovného názvu „elektrofotografie" termínem „xerografie", který navrhl jistý profesor klasických jazyků ze Státní univerzity v Ohiu. Původ slova je řecký, znamená to „suché psaní". Roku 1948 začala Haloid Company používat zkrácenou obchodní značku „Xerox". Xeroxové stroje brzy slavily obchodní úspěchy, což se roku 1958 projevilo přejmenováním firmy na Haloid Xerox Inc. Nový stroj Xerox 914 z roku 1961 užíval jako první běžného papíru a byl tak velkým úspěchem, že firma z názvu zcela vypustila „Haloid" a přijala jméno Xerox Corporation. Tržby činily toho roku 60 milionů dolarů a do roku 1965 dosáhly 500 milionů ročně. Carlson pohádkově zbohatl, pravidelně však dával dvě třetiny svého zisku na charitativní účely. Jeho první fotokopie zahájily nepředstavitelnou proměnu v pracovních zvyklostech na celém světě. Přenos informace už nikdy nebude jako dříve: obrazy i slova se dnes kopírují zcela běžně.

9

# Za stránky krásnější

Všeobecné rozšíření jednoduchých, cenově dostupných počítačů a tiskáren přineslo revoluční změnu našich možností vytvářet atraktivně vyhlížející dokumenty. Stisknutím pár kláves či kliknutím myší můžeme kromě provádění změn v dokumentu upravit také použité písmo, řádkování, okraje, velikost znaků, barvy nebo rozložení prvků na stránce, zobrazit náhled dokumentu a poté jej vytisknout na mnoho různých médií. Pokaždé získáme zcela novou, čistou kopii. Vše se odehrává tak snadno, že jsme již zapomněli (nebo jsme příliš mladí na to, abychom ji mohli znát) na veškerou námahu při typografické úpravě dokumentů a sazbě knih před počítačovou érou.

Snaha o vytváření stránek textu, které esteticky lahodí oku, tu byla od nejranějších dob. Klíčovým zřetelem pro kaligrafy a tiskaře v pogutenbergovské éře je formát stránky: poměr plochy celé stránky k popsané ploše a velikost každého ze čtyř okrajů. Tyto proporce je nutné dobře zvolit, aby vytvořily vizuálně přitažlivou grafickou úpravu. V raných dobách se vyžadovalo, aby tyto rozměry odrážely speciální pythagorejské harmonické poměry, což zároveň usnadňovalo řešení čistě praktického problému, jak zvolené hodnoty jednoduše implementovat.

Předpokládejme, že poměr šířky (Š) a výšky (V) strany papíru je 1 : *R*, kde *R* bude pro orientaci „na výšku“ větší než 1, zatímco pro orientaci „na šířku“ menší než 1. Existuje

elegantní geometrická konstrukce, pomocí níž lze vytvořit grafickou úpravu textu na této stránce tak, že vniTřní (T), Horní (H), vněJší (J) a Dolní (D) okraje budou mít následující poměry:

$$T : H : J : D = 1 : R : 2 : 2R.$$

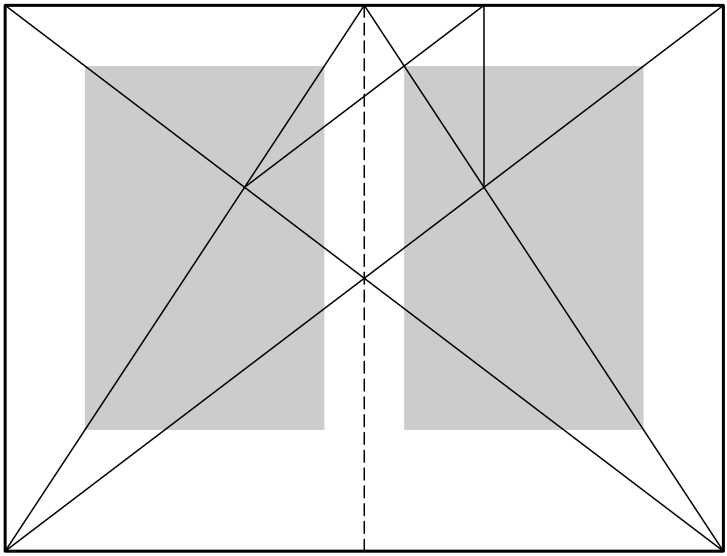
Povšimněte si, že proporce celé strany (výška/šířka = $R$) jsou stejné jako proporce plochy textu, protože:

$$\frac{\text{výška textu}}{\text{šířka textu}} = \frac{V - H - D}{\check{S} - J - T} = \\ = \frac{R\check{S} - R - 2R}{\check{S} - 2 - 1} = R.$$

Předpis (neboli „kánon“) pro rozvržení a grafickou úpravu stránek[1] s těmito proporcemi ve středověku nejspíš patřil k cechovním tajemstvím. Volba konkrétní hodnoty proměnné $R$ pro velikost papíru se řídila různými tradicemi. Jedním z oblíbených poměrů výšky k šířce papíru byl poměr 3 : 2, tedy $R = 3/2$. Koeficienty čtyř okrajů stránky se poté vypočetly v poměru $T : H : J : D = 1 : 3/2 : 2 : 3$. Konkrétněji to znamená, že pokud šířka vnitřního okraje bude 2, bude mít horní okraj šířku $3/2 \times 2 = 3$, vnější okraj $2 \times 2 = 4$ a dolní okraj bude $2 \times 3 = 6$.

Na obrázku dále je uveden jednoduchý předpis pro toto dobře vyvážené rozložení dvojstránky, kde jsou oba listy papíru položeny těsně vedle sebe.[2] Byly navrženy podobné předpisy, které využívají jednoduché konstrukce známé a využívané ve středověku.[3] Zde je dobře vidět, jak přímočaře mohli členové písařské dílny vytvořit rozložení své stránky pouze pomocí pravítka.

Nejprve se nakreslí úhlopříčky spojující pravý a levý dolní roh vždy s protějším horním rohem na téže stránce a pak také s protějším horním rohem na vedlejší stránce. Z prů-



sečíku úhlopříček na pravé stránce vedeme svislou čáru směrem k hornímu okraji stránky. Bod, kde tato svislice protne horní okraj pravé stránky, nyní spojíme s průsečíkem úhlopříček na levé stránce. Poznamenáme si bod, kde tato úsečka protne úhlopříčku mezi levým horním rohem pravé stránky a pravým dolním rohem téže stránky. Tento průsečík vyznačuje vzdálenost mezi horním okrajem textu a horním okrajem stránky. Čtyři body, v nichž tento vodorovný okraj protíná čtyři úhlopříčky, určují horní rohy plochy textu na obou stránkách dvoustrany. Průsečík zároveň vyznačuje i vnitřní okraj stránky. Spustíme-li svislici z bodu určujícího vnější okraj, získáme v místě průsečíku s úhlopříčkou dolní roh plochy textu. Obrázek znázorňuje postup při rýsování uvedených šesti úseček, které jsou třeba k vytvoření rozvržení $R = 3/2$, což v tomto případě dává hodnoty $T$ a $J$ rovné 1/9 a 2/9 šířky stránky a hodnoty $H$ a $D$ rovné 1/9 a 2/9 výšky stránky. Výsledná potištěná plo-

cha pak tvoří 4/9 z plochy celé stránky.[4] Tyto principy mají i nadále co říci v moderní grafické úpravě knih,[5] přestože máme k dispozici komplexnější možnosti a automatické řízení návrhu pomocí počítače.