

Popis průběhu řešení projektu za sledované období

Řešení projektu Výzkumného centra hudební akustiky probíhalo v období od 1. 1. do 31. 12. 2006 v souladu s výzkumnými cíli centra (Návrh programového projektu, paragraf B5). Činnost řešitelského týmu vycházela ze Strategie a metod výzkumné činnosti centra (B.6) a byla zaměřena především na řešení dílčích projektů P1 až P12 (B.6) stanovených pro tento rok v Časovém harmonogramu (B.7). Základní diskuse členů týmu o úkolech centra v daném roce a představách a termínech jejich řešení se uskutečnily na setkání pracovníků centra ve dnech 13. 1. – 14. 1. 2006 v Poněšicích a staly se trvalou součástí koordinace činnosti pracovníků centra jak na pracovišti řešitele, tak i s ostatními partnery.

Jedinou investiční položkou, realizovanou z účelových prostředků v roce 2006, bylo pořízení systému 48stopého digitálního záznamu do pevného disku Tascam X-48 prostřednictvím firmy Audiopolis. Tento záznam (v původní cenové nabídce pouze 24stopý) je určen pro simultánní záznam zvuku hudebních nástrojů v síti 48 mikrofónů pro analýzu a subjektivní testování barvy zvuku v různých směrech vyzařování.

Pulsní laserový interferometr ESPI Q-600 od firmy DANTEC, v roce 2005 pořízený jako investice a sdružením finančních prostředků partnerských firem doplněný na systém umožňující 3D zobrazení mechanického kmitání (druhá a třetí kamera + příslušný software) byl v roce 2006 dovybaven přípravky pro uchycení měřených hudebních nástrojů nebo jejich dílů a systémem zrcadel, který umožňuje současné zachycení mechanického kmitání jak přední, tak i zadní části buzeného nástroje.

V laboratoři fyzikální akustiky byla ověřena a prohloubena v dalším textu popsána metodika měření mechanického kmitání houslí. Porovnáním výsledků mechanického kmitání houslí buzených pomocí plošného reproduktoru (akustické buzení) a magnetodynamickým budičem (mechanické buzení) byly zjištěny podstatné rozdíly ve výsledcích. Dvoupaprskovým laserovým vibrometrem zjištěné frekvence rezonančních módů houslí (frekvenční charakteristiky) potvrdily správnost výsledků dosažených pomocí mechanického buzení, následným teoretickým rozбором bylo pro akustické buzení potvrzeno ovlivnění módů houslí vyzařovacími vlastnostmi plošného reproduktoru (vynucené kmity). Dále byla metodika rozšířena o vyvinutou metodu umožňující sledování fázových poměrů na spolukmitajících částech houslí nebo houslové desky, toto sledování má podstatný význam pro detailní pochopení dějů kmitání v jejich časovém průběhu. Uplatněná metodika byla použita na zmapování vlastností mechanického kmitání houslí ve frekvenčním pásmu od 100 Hz do 2500 Hz. Housle a samostatné houslové desky dodala pro měření partnerská firma Rudolph Fiedler s.r.o. Metodika měření i výsledky byly publikovány na mezinárodní akustické konferenci ve Vysokých Tatrách a na mezinárodní konferenci uživatelů produktů firmy DANTEC v Ulmu. Originální řešení animace kmitů na program ESPI firmy Dantec je uplatněno jako původní metodika, o jejíž začlenění do svého firemního software projevila tato firma velký zájem.

S dalším využitím interferometru ESPI bylo spojeno studium vibrací violoncella měřením kmitání na frekvencích v okolí „vlčího“ tónu na nástrojích firmy Rudolph Fiedler a srovnávacích měření nástroje bez vlčího tónu. Byly sledovány souvislosti rozměrů horní desky, polohy f-výřezů a vzdálenosti noh kobylky s frekvenční polohou a mírou obtížnosti vybuzení vlčího tónu. Relativní fázové poměry spolu-kmitajících částí (deska – kobylka, deska – struník) byly zjišťovány doplňkovým měřením pomocí laserového vibrometru. Zjištěné souvislosti frekvenční pozice vlčího tónu a nejsilnějšího rezonančního módu nástroje a požadavky na možnost jejich ovlivnění změnou hmotnosti struníku a kobylky byly předány k využití ve firmě Rudolph Fiedler pro změnu ve výrobě. Na základě získaných poznatků byly provedeny korekce tvaru klenby desky kontrabas. Díky této inovaci získala firma Rudolph Fiedler významné ocenění svého kontrabasů na mezinárodní houslařské soutěži v italské Cremoně, kde obsadila v silné konkurenci 6. místo.

V souvislosti s výzkumem zpěvního hlasu byl interferometr ESPI (dle dostupných informací vůbec poprvé) použit pro zviditelnění a analýzu kmitů obličejových partií zpěváka. V závislosti na typu, výšce a dynamice vokálu i způsobu fonace byly pomocí zrcadlového systému registrovány kmity jak an face, tak obou profilů. Výsledky byly předběžně dávány do souvislosti se subjektivními pocity zpěváka při tvorbě vokálů a poslouží jako doplňková informace při analýze hlasu.

Systém dvoupaprskového laserového vibrometru a lineárních posunů, spolu s v loňském roce vyvinutým softwarem pro jeho ovládání, byl využit při měření mechanického kmitání stěn varhanních píšťal. Tato měření jsou též součástí diplomové práce Elišky Bejčkové, posluchačky ČVUT FEL. Výsledky měření jsou určeny pro partnerskou firmu Organa Kutná Hora s.r.o., která současně dodala vzorky dřeva pro výzkum vlivu povrchových úprav a Gama ozáření na zvuk dřevěných varhanních píšťal. První výsledky měření vedly k optimalizaci velikosti měřených vzorků, které byly současně zaslány na srovnávací měření na Dřevařskou fakultu Technické univerzity ve Zvolenu.

Pro modifikaci měřicí metody původních 98 mikrofónů pro záznam směrového vyzařování hudebních nástrojů (redukce počtu mikrofónů na 48) byly zpracovány záznamy různých tónů houslí a výsledné spektrální charakteristiky statisticky vyhodnoceny. Vybrané měřicí pozice platí obecně pro celý tónový rozsah houslí a

zaručují zachování podstatné informace o jejich směrovém vyzářování. Současně též byla navržena úprava nosné konstrukce pro umístění měřicích mikrofonů v bezodrazové místnosti pro modifikovanou metodu.

V bezodrazové místnosti byl změřen soubor houslí a viol pomocí 16-ti kanálového záznamu. Zaznamenány byly tóny hrané na prázdných strunách, tóny g a g₂, tóny stupnice G-dur a úvodní takty Bruchova houslového koncertu. Dále bylo realizováno měření kvalitativně odlišných kytar. Hladiny akustického tlaku vyvolané definovaným trsnutím a v definovaném směru byly vyhodnoceny a porovnány s kvalitativními kritérii dle Meyera. Výsledky byly v grafické podobě začleněny do nabídkového katalogu firmy České hudební nástroje s.r.o.

Na příkladu záznamů zvuku houslí a výsledků jejich subjektivního hodnocení byla zjišťována vhodnost použití psychoakustických veličin v systému B&K Sound Quality pro hudební signály. Pro vybraný soubor pěti tónů byly vypočteny veličiny charakterizující hlasitost, ostrost a hrubost. Statisticky významná shoda s výsledky poslechových testů byla zjištěna jen pro některé tóny či charakteristiky. Výsledky byly publikovány na mezinárodní akustické konferenci ve Vysokých Tatrách. Navazující studium literatury bylo zaměřeno na hledání psychoakustických veličin, které by mohly lépe vystihovat specifika hudebních signálů. Řešením budou patrně veličiny zohledňující změny spektrálních vlastností signálů v čase.

Výsledky výše uvedených měření a analýz byly zařazovány do databáze výsledků: mechanické kmitání houslí, desek, violoncell (vibrační obrazce), směrové vyzářování houslí a viol (časové průběhy, spektrální charakteristiky získané ze signálové analýzy) a psychoakustické veličiny houslí B&K Sound Quality. Výsledky byly průběžně archivovány na CD.

Pokračovaly práce na softwarovém systému pro poslechové testy PSYLAB. Systém byl doplněn o testovací metody Verbal attribute ranking and rating (VARR) a párový test preferencí. Byly zahájeny úpravy uživatelské vrstvy systému pro vytvoření jeho druhé verze. Technická dokumentace systému odráží strukturální a programovou analýzu a je průběžně doplňována a upřesňována. Současně s postupující implementací je vytvářena a doplňována i uživatelská dokumentace.

Členové stále poslechové skupiny prošli základním audiologickým vyšetřením na pracovišti Medical Healthcom, s.r.o., jehož výsledky byly statisticky zpracovány. Byly zjištěny vlastnosti práhu slyšení u sledovaných pěti skupin profesionálních hudebníků a zvukových mistrů, a to jak hodnot naměřených, tak i korigovaných na věk dle normy ISO 7029. Statisticky významné ztráty oproti normální populaci jsou na hlubokých frekvencích a projevují se zejména u všech skupin hudebních interpretů (smyčcové, dechové a klávesové nástroje). Vyhodnocením rizikových faktorů osobní anamnézy bylo zjištěno zvýšené riziko sluchových ztrát u příslušníků mladší generace hudebních profesionálů. Výsledky analýz byly publikovány na mezinárodním sympoziu MAP 2006 ve Zvolenu. Byly připraveny poslechové testy pro dlouhodobé sledování reliability a individuálních schopností členů stále poslechové skupiny s využitím testovacích metod implementovaných v systému PSYLAB (nepodobnosti, VARR, preference) a zahájeno jejich administrování. S využitím upravených záznamů zvuku viol proběhl poslechový test tónu g, zjišťující závislost barvy zvuku na nástroji a na směru vyzářování a testy zvuku houslí a viol ze záznamů tónu g v jednom směru. Předběžné zpracování výsledků ukazuje na významný vliv hlasitosti při posuzování podobnosti zvuků v různých směrech vyzářování violy a po vyrovnání na stejnou hlasitost je to plnost – zastřenost, tóny houslí a viol se liší překvapivě málo (tmavost – světlost). Zpracování výsledků poslechových testů, které nebylo dosud uzavřeno, ukazuje na nezbytnost provedení obdobných testů i na jiných výškách tónu.

Metodika hodnocení a interpretace výsledků testů pro hledání příčinnosti barvy hudebního zvuku byla doplněna o zobecnění metody zakomponování externích veličin do percepčního prostoru včetně výpočtu průmětů pro více než třídímní řešení. Tato metodika byla uplatněna k doplnění interpretace percepčních prostorů houslí při stanovení modelu jejich percepce. Percepční prostory pěti houslových tónů byly interpretovány pomocí slovních atributů a spektrálních charakteristik. Výsledný model hodnocení barvy zvuku houslí vyšel třírozměrný u tónů h a fis1 resp. dvourozměrný u tónů c₂, g₂ a d₃. Byla prokázána změna vzájemných vztahů základních slovních atributů, reprezentujících obecné dimenze barvy hudebního zvuku, se změnou výšky houslového tónu. Naopak významný vliv hladiny základní harmonické, vyšších harmonických a rozložení spektrální energie na percepci je na výšce nezávislý, s výškou se však mění vztah těchto veličin k slovním atributům ostrý a úzký. Výsledky byly publikovány na mezinárodní konferenci DAFx06 v Montrealu a ve vyzvané přednášce na mezinárodní akustické konferenci ve Vysokých Tatrách, na základě nejnovějších poznatků byl zároveň aktualizován článek shrnující výsledky percepce a akustické příčinnosti zvuku houslí pro recenzní řízení v časopise Acta Acustica.

Bylo provedeno subjektivní roztřídění i objektivní hodnocení záznamů zpěvního a mluvního hlasu, pořízených v roce 2005. Pro objektivní hodnocení byly použity prostředky frekvenční analýzy jak zakoupené tak na pracovišti k tomu účelu speciálně vyvinuté. Na základě výsledků byly upřesněny cíle analýzy a vypracována nová metodika záznamu. Podle této metodiky byly následně pořízeny a pro analýzu editovány záznamy 20 hlasových profesionálů a formulovány hypotézy pro poslechové testy. Výsledky byly zařazeny do databáze.

Byla realizována druhá etapa měření a výpočtů objektivních kritérií akustické kvality prostorů hudebního určení se zaměřením na prostory pro varhanní hudbu, výsledky byly uloženy do databáze akustických vlastností prostorů. Výsledky predikce subjektivního hodnocení akustické kvality nejvýznamnějších českých koncertních sálů dle Beranka byly publikovány na mezinárodní akustické konferenci ve Vysokých Tatrách. Naměřené impulzové odezvy byly auralizovány pro jejich použití v poslechových testech a uloženy v databázi akustických vlastností prostorů. Byl vypracován návrh akustického řešení koncertního sálu a jeho orchestrální mušle pro Filharmonii v Hradci Králové, jeho výsledky byly publikovány na mezinárodní akustické konferenci ve Vysokých Tatrách. Praktický provoz tohoto sálu potvrdil vysokou kvalitu projektu i vlastního zpracování akustického designu. Původní návrh i realizace řešení je uplatněn ověřená technologie.

Prostorově-akustická měření refektáře MFF umožnila optimalizovat umístění varhan v refektáři, výsledky byly předány firmě Organa Kutná Hora s.r.o., která bude varhany stavět. V tomto nástroji budou zohledněny všechny dosud získané poznatky o vlivu menzurační a intonace píšťal na vyzařování a barvu zvuku varhan. Společně s firmou Organa byly vyvinuty nové postupy intonace varhanních píšťal využívající analýzy tónu „in situ“. Postup intonace restaurovaných píšťal principálového sboru vychází z interpolace analyzovaných dat, postup intonace nových píšťal rejstříku Principál 8' staví na poměrech vybraných harmonických složek. Oba postupy využila firma Organa při stavbě nových a restaurování historických nástrojů.