

Soubor funkcí pro předzpracování VKG dat

Příloha k průběžné zprávě za rok 2015

Název projektu: **Automatické hodnocení videokymografických záznamů pro časnou diagnostiku a prevenci nádorových onemocnění hlasivek**

Předkládá: A. Novozámský, B. Zitová

Název organizace: Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v. v. i.

Jméno spoluřešitele: B. Zitová

1. Softwarové řešení pro analýzu VKG dat - VKGanalyzer

Jedním z plánovaných výstupů grantového projektu je software pro analýzu VKG dat. V této fázi projektu jsme se soustředili na analýzu a úpravu vstupních dat a grafické uživatelské rozhraní, které musí být dostatečně intuitivní a jednoduché. Následná detekce parametrů kmitání hlasivek bude probíhat automaticky s možností intervence. Výsledky automatického předzpracování VKG dat budou napomáhat v konečném rozhodnutí vyšetřujícímu lékaři.

1.1. Použité technologie

Prvotní vývoj algoritmů probíhá ve výpočetním prostředí Matlab [1]. Samotný finální program je psán v jazyce C++. Pro načítání dat a jejich analýzu využíváme open-source knihovnu openCV [2] pod licencí BSD-3 [3]. Grafické uživatelské rozhraní je napsáno v multiplatformní knihovně Qt [4]. Jako vývojové prostředí jsme zvolili Visual Studio 2014 [5] s Qt Visual Studio Add-in [6].

1.2. Požadavky na instalaci

Při vytváření programu byly využity jen multiplatformní technologie. Výsledný software bude tedy distribuovatelný jak pro pracovní stroje běžící na systému Windows tak na systému firmy Apple. Ačkoli nepředpokládáme, že by některý z lékařů pracoval se systémem UNIX, bude možné i toto řešení. Hardwarové nároky pro hladký běh programu nejsou velké, co se týče parametrů systému nebude tedy problém program spustit a pracovat s ním na počítačích, kterými jsou vybaveny běžné ordinace.

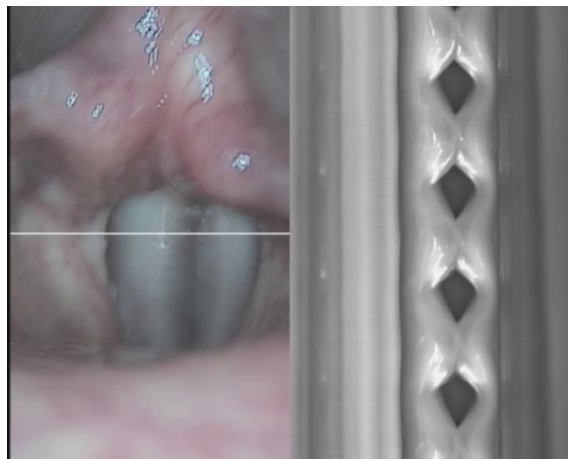
1.3. Požadovaná funkčnost systému

Na základě loňské studie a diskuzí s odborníky byly stanoveny tyto požadavky

- načítání série kymografických snímků nebo videokymografického videa pořízeného VKG kamerou. Příпустné formáty dat jsou standardní obrazové formáty jako JPG, TIFF, PNG, BMP atd., a veškeré formáty videí, které na daném počítači přehraje operační systém. Více o vstupních datech je uvedeno v části 1.4.
- možnost automaticky/semiautomaticky upravovat jasové hodnoty a potlačovat šum pro lepší čitelnost VKG dat.
- automaticky vytvářet předvýběr snímků na kterých probíhá kmitání pro rychlejší navigaci vyšetřujícího lékaře v nasnímaných datech.
- automaticky detekovat hranici kmitajících hlasivek. Z ní pak následně spočítat příznaky pro analýzu kmitání levé i pravé strany.
- během procházení nasnímaných dat možnost ukládání:
 - videosekvence pouze se zajímavými VKG snímky
 - jednotlivých snímků
 - jednotlivých kymogramů
 - jednotlivých kymogramů s detekovanou hranicí a body zájmu
 - detekované hranice ve formě textového souboru s výpisem souřadnic [x, y]

1.4. Vstupní data

Snímky pocházející z VKG kamery [Obrázek 1] jsou rozděleny vertikálně na dvě stejně velké poloviny. Tím získáme v levé části endoskopický snímek, podle kterého se lékař orientuje, v pravé části je zobrazen snímek kymografický.



Obrázek 1 Snímek z VKG kamery

Po konzultacích se spolupracujícími odborníky se na vstupu mohou vyskytnout data těchto tří typů:

- I. **Live-view:** Data přicházející v průběhu vyšetření pacienta. Na vstupu bude live-view z VKG kamery. Ta poskytuje barevný analogový signál, kódovaný ve standardu PAL nebo NTSC. Ačkoli výrobce uvádí, že přístroj poskytuje i digitální výstup [7], nepovedlo se ho na daném medicínském pracovišti zprovoznit.
- II. **VKG video:** Druhý typ dat může pocházet z uložených videozáznamů. Systém by měl být schopen načíst videa všech běžně používaných kompresních standardů.
- III. **Kymografické data:** Posledním typem dat jsou uložené kymografické snímky (tedy jen pravá strana dat z VKG kamery, viz. Obrázek 1.).

1.4.1. Anonymizace vstupních dat

Většina dat, se kterými se na projektu pracuje, pochází z Hlasového Centra Praha (HCP). Jedná se o reálná data vzniklá při VKG vyšetřeních. Vznikla potřeba vytvořit mechanismus anonymizace, který by zaslepil jména a rodné čísla pacientů pro experimentální použití, ale zároveň by vyšetřujícímu lékaři ponechal možnost dohledání daného pacienta.

T A Č R

Po rešerši možných řešení byl vybrán hashovací algoritmus MD5 [8]. Jeho výhodou je, že z libovolně velkého vstupního textového řetězce vytváří výstup fixní délky, který je označován jako hash. Navíc jen malá změna na vstupu vyvolá velikou změnu v tomto otisku, což zabezpečuje efektivní zaslepení. Pokud by byla potřeba určitého pacienta dohledat, stačí vytvořit z databáze pacientů znova hash otisky a porovnat je s hledaným řetězcem. Bez databáze pacientů však není možno pacientovy data obnovit.

Pro každého pacienta je vedena složka, do které jsou ukládána jednotlivá vyšetření. Zaslepování tedy probíhá ve dvou krocích. Nejprve je zašifrováno jméno složky:

$$md5(\text{"příjmení jméno rok měsíc den"}) = hash_jméno_složky$$

a poté název VKG videa z jednotlivých vyšetření:

$$md5(\text{"jméno_souboru"}) = hash_jméno_souboru$$

Příklad použití: *Pacient Jan Novák narozen 21. července 1970*

Jméno adresáře: $md5(\text{"Novák Jan 1970 07 21"}) = 2deee1c05de04600a0a0a71adf0062dc$

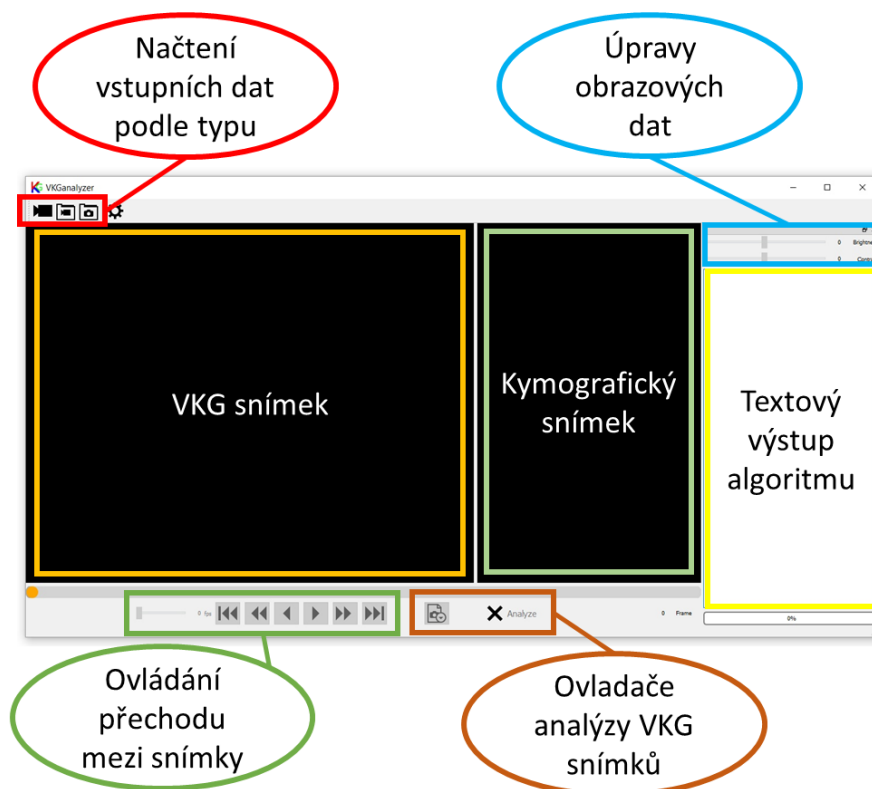
Jméno souboru:

$$md5(\text{"file1921682108_1346284633"}) = 2d9b30de0eca2140dfd37b5fe465e242$$

1.5. Grafické uživatelské rozhraní (GUI)

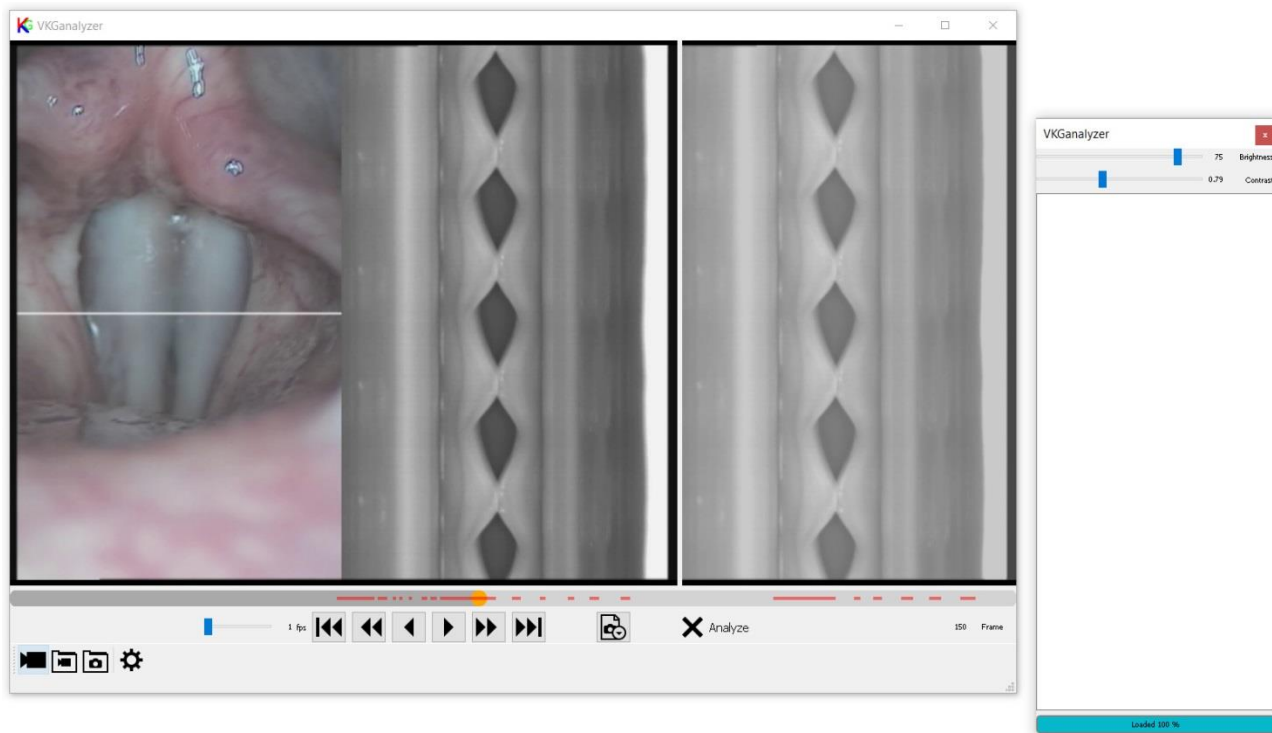
Při vytváření GUI jsme měli na mysli hlavně intuitivnost používání. Po konzultacích s lékaři jsme nakonec zvolili GUI model videopřehrávače s vestavěným modulem pro úpravy obrazových dat, jako je automatická úprava jasu a kontrastu. Obrázek 2 ukazuje náhled současné verze. Aby bylo ovládání co nejjednodušší a ergonomicky pohodlné i pro dotykové obrazovky, rozhodli jsme se pro menu ve formě větších ikon. Pro případ osobních preferencí lékaře je aplikace napsána jako plně *dokovatelná* (Obrázek 3) - uživatel si může v hlavním

okně jednotlivé podokna uspořádat podle sebe nebo je rozmístit mimo aplikaci do samostatných oken.



Obrázek 2 VKG analyzer – náhled a popis aplikace

V levé části zobrazujeme vstupní VKG data. V pravé pak zpracované kymografické snímky po úpravě jasových hodnot a odstranění šumu. Tady budou vykreslovány detekované struktury ve VKG datech a oblasti zájmu. Tato funkčnost bude implementována postupem času, v dalších fázích práce na projektu.



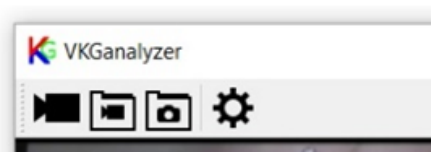
Obrázek 3 Ukázka dokovatelnosti aplikace

1.6. Běh programu

Díky tomu, že konečné řešení obsahuje GUI a analýza kymografického snímku je náročnější, bylo nutné rozdělit běh programu na více threadů (výpočetních vláken). V hlavním threadu je GUI a jeho ovládací a zobrazovací prvky. V pracovním threadu probíhá samotný výpočet. Tímto návrhem se zabránilo „zamrzání“ GUI a snížení odezvy programu na minimum. Výpočet se začne počítat vždy při přechodu na další snímek, zároveň se přepínač *Analyze* (uprostřed spodní lišty pracovního okna) je zapnut do polohy ON.

1.7. Načítání dat

Pro načítání dat slouží jedna ze tří ikon, umístěných na horní liště pracovního okna



1.7.1. Live video

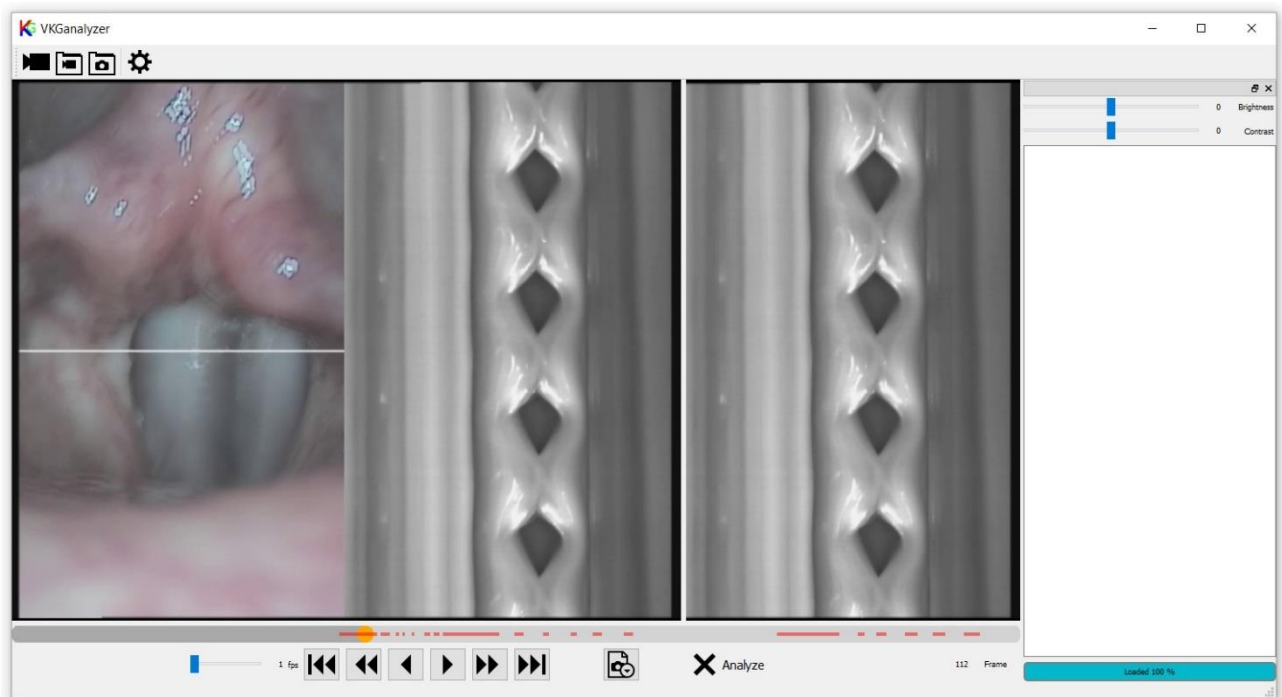
Tato ikona připojí software ke grabberu videa a průběžně si ukládá do operační paměti přicházející snímky. V libovolném okamžiku se stiskem klávesy SPACE (*mezerník*) uloží na disk posledních 30 sekund záznamu. Stisk klávesy ENTER uloží celý záznam. Vyřeší se tak nutnost spolupráce zdravotní sestry při nahrávání, což je doposud běžná praxe. Toto vylepšení usnadní vyšetření a zefektivní práci na pracovišti.

1.7.2. Načítání VKG videa

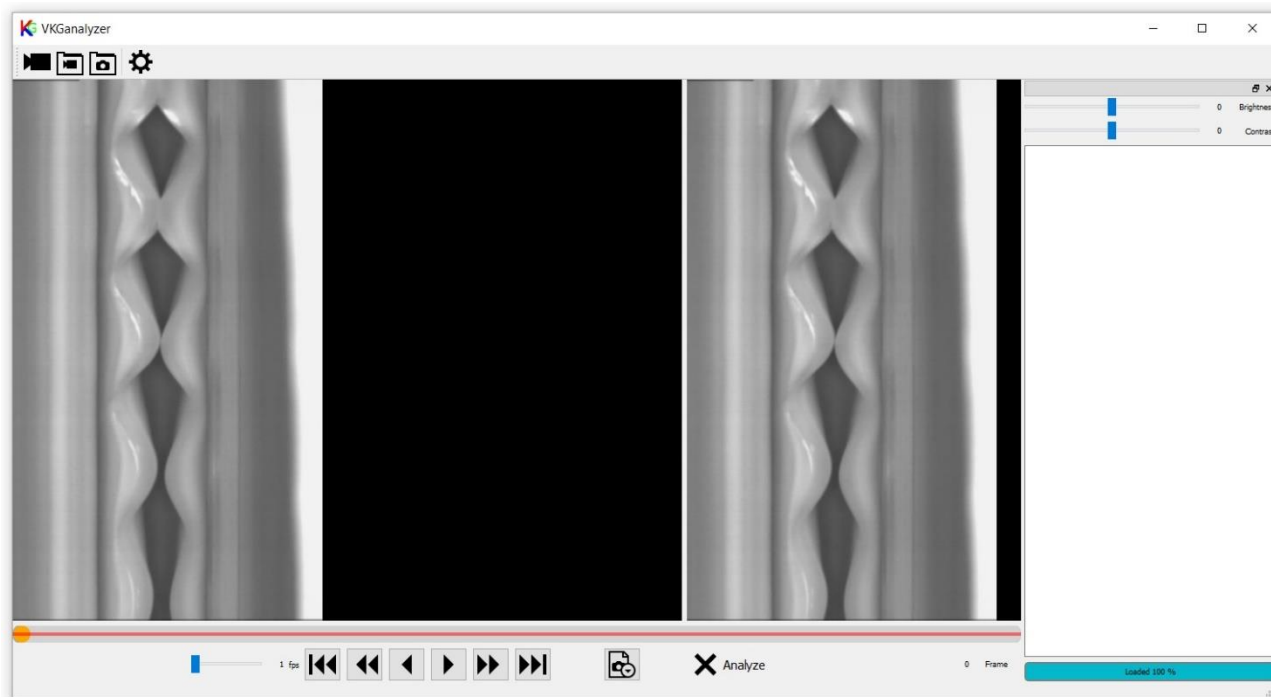
Slouží k vyvolání dialogového okna, kde má uživatel možnost volby videa pro načtení z archivu a jeho připravení pro analýzu v programu VKGanalyzer.

1.7.3. Načítání kymografického obrázku

Kymografické snímky mohou být načteny všechny najednou nebo postupně, podle uživatelské volby. Pokud je načtena sekvence snímků, VKGanalyzer k ní přistupuje stejně jako k jednotlivým snímkům videa. K přechodu mezi nimi slouží stejné ovládací prvky jako u VKG záznamu.



Obrázek 4 Načtené VKG video



Obrázek 5 Načtený kymografický snímek

1.8. Ovládání přechodu mezi jednotlivými snímky

Po načtení dat se zaktivují ovládací prvky sloužící k přechodu mezi jednotlivými snímky, viz. Obrázek 6. K posouvání videa může uživatel využít jednotlivých tlačítek a také symbol posuvníku (oranžové kolečko), který zároveň indikuje pozici analyzovaného snímku v rámci videa. Číselná pozice snímku je vypsána v pravé části pod posuvníkem, viz. Obrázek 7. Tlačítka pro posouvání videa jsou navržena podle zaužívaného standardu z jiných software pracujících s videem. Jejich funkčnost je následující (zleva doprava): „přejdi na první snímek“, „přejdi na předchozí snímek“, „přehraj video pozpátku“, „přehraj video“, „přejdi na poslední snímek“. V levé části pomocí modrého posuvného ovladače je možno nastavit rychlost přehrávání snímků za sekundu (z anglického *frames per second*).



Obrázek 6 Ovládání přechodu mezi snímky



Obrázek 7 Výpis pozice snímku ve videu

2. Úpravy obrazových dat

Odstraňování šumu

Pro odstranění šumu používáme mediánový filtr [9] velikosti 3x3. Pro snímky s nízkým počtem jasových hodnot a silným šumem je v současné verzi implementován tzv. výběrový medián. Masky je větší (např. 5x5) než u klasického mediánu. Do výpočtu se ale zahrnou jen ty pixely, které mají jasovou hodnotu blízkou středovému bodu. Tím dochází k silnějšímu vyhlazování šumu, zároveň ale nedochází k „zakulacování“ rohů objektů.

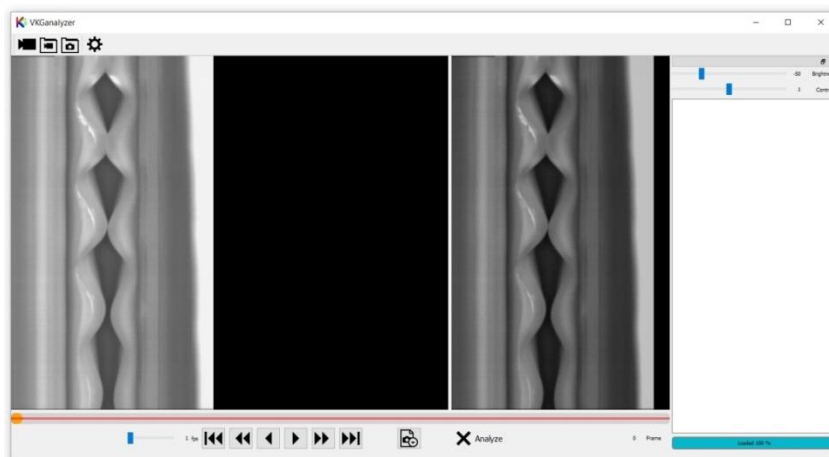
Úprava jasových hodnot

Snímky bývají často přesvícené nebo naopak podexponované, proto jsme do aplikace přidali modul pro úpravu jasových hodnot. Hodnoty jsou upraveny automaticky pro dosažení nejlepšího efektu, navíc má uživatel možnost si hodnoty jasu a kontrastu upravit podle svých preferencí pomocí posuvných ovladačů, viz Obrázek 8.

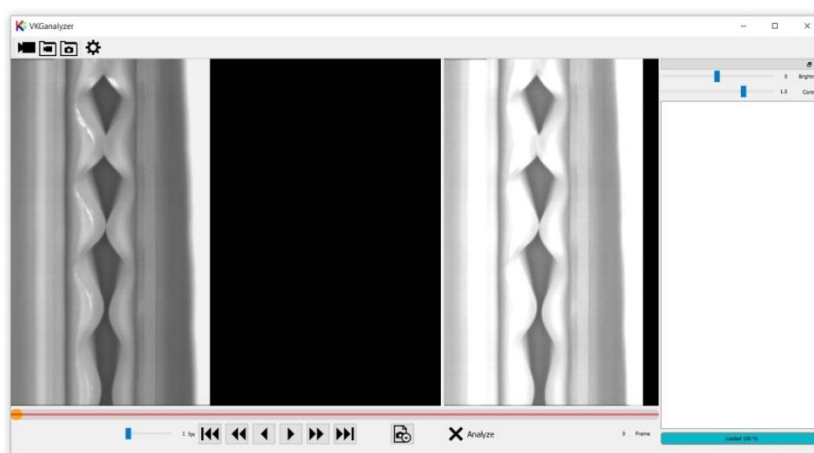


Obrázek 8 Nastavení jasu a kontrastu

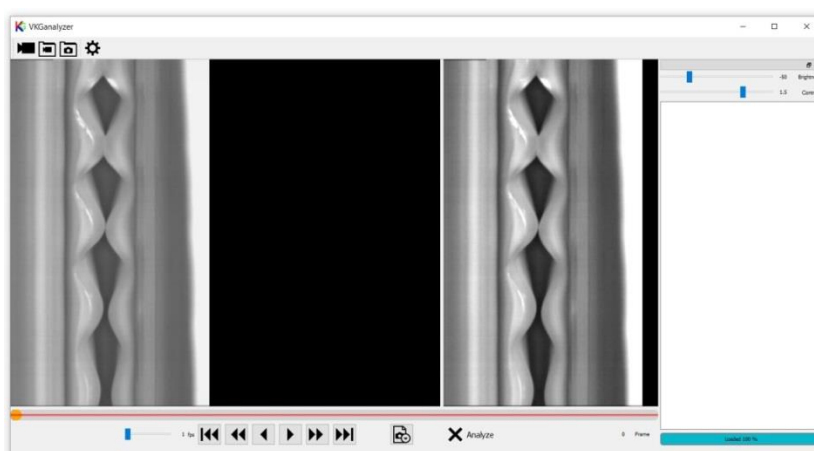
Při změně nastavení jasu a kontrastu se pravá strana s kymografickými daty změní, přičemž snímek s VKG daty se ponechá v původním nastavení. Obrázek 9, Obrázek 10, a Obrázek 11 zobrazuje tyto jasové operace.



Obrázek 9 Změna jasu

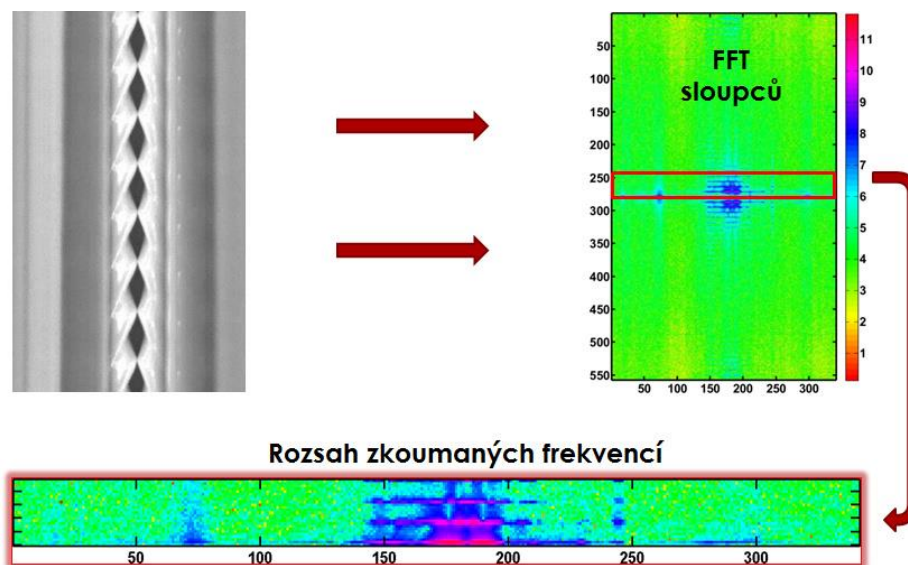


Obrázek 10 Změna kontrastu



Obrázek 11 Změna jasu i kontrastu

3. Detekce zajímavých snímků



Obrázek 12 Detekce kmitání u snímku s vibrující hlasivkou

Ačkoli je délka VKG záznamů při vyšetření relativně krátká od 5 do 30 sekund, pořizování dat je pro pacienta poměrně nepříjemné a na záznamu může být jen málo snímků, kde je dobře viditelné kmitání hlasivek. Proto jsme se rozhodli vyvinout algoritmus, který by lékařům předvybral zajímavé části záznamu. Tím, že se pro další analýzu automaticky vyberou pouze informačně obsažné části, pomůžeme k zefektivnění práce. Při načtení dat jsou zajímavé snímky označeny na časové ose červeně, viz Obrázek 6. Nezajímavé snímky se nevyhazují, lékař se nadále může podívat i na ně.

Při návrhu tohoto selektivního algoritmu jsme vycházeli z faktu, že lékaře při VKG vyšetření zajímá především průběh kmitání hlasivek. Pokud se zaměříme na jednotlivé sloupce v kymografických datech, vidíme u zajímavých částí dominantní periodicitu pro určitý rozsah kmitání hlasivek. Pro každý kymografický snímek jsou zanalyzovány všechny sloupce pomocí

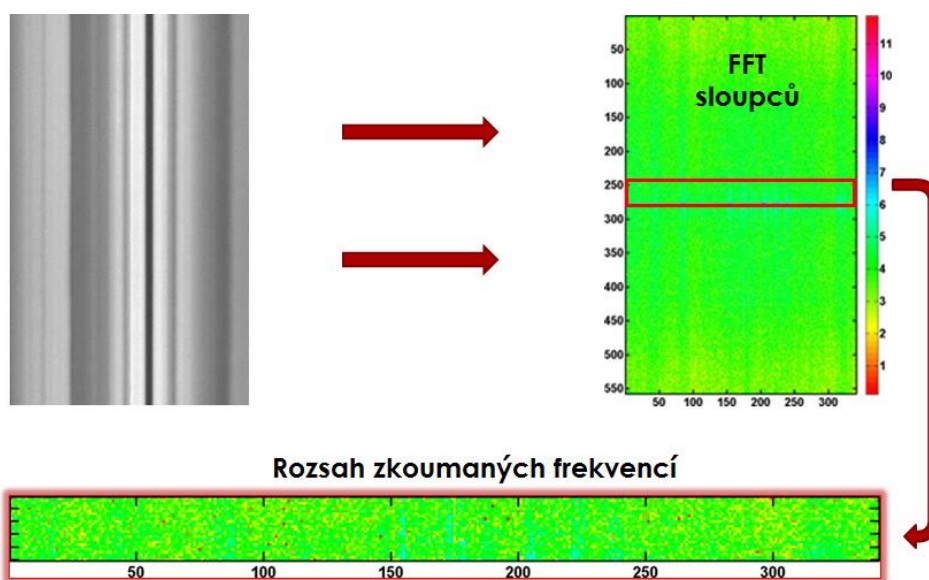
Fourierovy transformaci [9] a na základě analýzy amplitudy v rozsahu kmitů rozhodneme, zda se jedná o zajímavý nebo nezajímavý snímek.

Tento proces selekce informačně obsažných dat pracuje plně automaticky a testy prokázaly jeho funkčnost. Lékař se může poté pohybovat jen po předvybraných snímcích a snížit tak čas potřebný k vyšetření pacienta. Zároveň žádná data nejsou zahozena. Na následujících obrázcích 12 a 13 je demonstrován rozdíl ve sledované charakteristice signálu pro data s kmitáním (12) a bez kmitání (13). Fourierova transformace u dat bez kmitů je zcela bez struktury.

4. Instalace

Vyvinutý software v popsané funkčnosti je ke stažení na webových stránkách projektu

<http://zoi.utia.cas.cz/VKC>



Obrázek 13 Detekce kmitání u snímku s nevíbrující hlasivkou

Seznam obrázků

Obrázek 1 Snímek z VKG kamery	4
Obrázek 2 VKG analyzer – náhled a popis aplikace	6
Obrázek 3 Ukázka dokovatelnosti aplikace	7
Obrázek 4 Načtené VKG video.....	8
Obrázek 5 Načtený kymografický snímek	9
Obrázek 6 Ovládání přechodu mezi snímky	9
Obrázek 7 Výpis pozice snímku ve videu	10
Obrázek 8 Nastavení jasu a kontrastu	10
Obrázek 9 Změna jasu.....	11
Obrázek 10 Změna kontrastu	11
Obrázek 11 Změna jasu i kontrastu	11
Obrázek 12 Detekce kmitání u snímku s vibrující hlasivkou	12
Obrázek 13 Detekce kmitání u snímku s nevibrující hlasivkou	13

Reference

- [1] MATLAB, *MATLAB*, Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc., 2014.
- [2] OpenCV, „Open Source Computer Vision Library,“ [Online]. <http://opencv.org/>. [Přístup 13 1 2016].
- [3] BSD-3 licence, [Online]. Available: <http://opensource.org/licenses/BSD-3-Clause>. [Přístup 13 1 2016].
- [4] Qt, „Qt,“ [Online]. Available: <http://www.qt.io/>. [Přístup získán 13 1 2016].
- [5] Microsoft, „Visual Studio - Microsoft Developer Tools,“ <https://www.visualstudio.com/>. [Přístup 13 1 2016].
- [6] Qt, „Qt Visual Studio Add-in,“ [Online]. Available: <http://doc.qt.io/vs-addin/>. [Přístup 13 1 2016].
- [7] CYMO, „Videokymography,“ [Online]. Available: <http://www.cymo.nl/vkg.html>. [Přístup 13 1 2016].
- [8] MD5, „RFC 1321 - The MD5 Message-Digest Algorithm,“ [Online]. <https://tools.ietf.org/html/rfc1321>. [Přístup 13 1 2016].
- [9] P. W. K., *Digital Image Processing (3rd ed.)*, New York: John Wiley, 2001.