



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské informatiky

Aplikace pro měření frekvence třesu z videozáznamu

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika
Studijní obor: Biomedicínská informatika

Autor bakalářské práce: Ondřej Bína
Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Radim Krupička, PhD.

Kladno 2016

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Ondřej Bína**
Obor: Biomedicínská informatika
Téma: **Aplikace pro měření frekvence třesu z videozáznamu**
Téma anglicky: Application for Tremor Frequency Measuring from Videorecord


Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vytvořit aplikaci, která z videozáznamu určí frekvenci třesu. Aplikace umožní načíst a oříznout video a označit oblast zájmu, jehož pozici bude možné měnit v průběhu videa. Pozice oblasti zájmu a parametry zpracování bude možné uložit a načíst pro konkrétní video záznam. Pro výpočet frekvence se inspirujte algoritmem vyvinutým ing. Uhríkovou na FEL ČVUT. Algoritmus upravte tak, aby výpočet frekvence třesu neovlivňovala měnící se pozice oblasti zájmu. Výsledky měření bude možné zobrazit v grafu a exportovat od souboru.

Seznam odborné literatury:

- [1] Christian Nagel, Bill Evjen, Jay Glynn, C# 2008 programuje profesionálně, ed. 1, 2009, Computer Press, 978-80-251-2401-7
- [2] Uhríková, Z.; Ruzicka, E.; Hlavac., TremAn: A tool for measuring tremor frequency from video sequences, Movement Disorders , ročník 25, číslo 4, 2010
- [3] Sonka, M.; Hlavac, V.; Boyle, R., Image Processing Analysis and Machine Vision, ed. 4, Thompson Learning, 2008, ISBN 0495082520

zadání platné do: 30.09.2017
Vedoucí: Mgr. Radim Krupička, Ph.D.


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

V Kladně dne 22.02.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Aplikace pro měření frekvence třesu z videozáznamu“ vypracoval samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Kladně 19.5.2016

.....

Ondřej Bína

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Radimu Krupičkovi, PhD. za vstřícnou pomoc a rady při zpracování této práce. Mé poděkování patří též nejbližší rodině a přátelům, kteří mě podporovali.

Název bakalářské práce:

Aplikace pro měření frekvence třesu z videozáznamu

Abstrakt:

Určení frekvence třesu je důležité při diagnóze nebo sledování vývoje některých neurologických chorob postihujících jak lidi, tak zvířata. Proto je v rámci této práce vytvořena desktopová aplikaci, která je schopna frekvenci třesu určit z videozáznamu. K řešení bylo využito analýzy požadavků, na základě které byla aplikace navržena a implementována pro platformu .NET v programovacím jazyce C# za využití několika moderních technologií a postupů, které tato platforma nabízí. Aplikace měří změny v obrazové intenzitě a k určení frekvence tohoto signálu využívá výkonové spektrum zjištěné pomocí Fourierovy transformace. Tato aplikace poskytuje levnější alternativu pro běžné metody analýzy třesu a během měření nemusí být použito žádné speciální zařízení.

Klíčová slova:

Desktopová aplikace, měření třesu, videozáznam

Bachelor's Thesis title:

Application for tremor frequency measuring from video record

Abstract:

A tremor frequency measuring is important to diagnose or observe a progression of some neurological diseases affecting both humans and animals. Therefore, a desktop application, which is able to measure a tremor frequency from the video record, is created in this thesis. Based on the analysis of requirements an application was designed and implemented for .NET platform using C# programming language with various modern technologies and practices, which this platform offers. The application measures the changes in the image intensity and uses the Fourier transform power spectrum to determine frequency of this signal. It offers a cheaper alternative to the common tremor analyzation methods with no need to use of any special device during the measuring.

Key words:

Desktop application, tremor measuring, video record

Obsah

Seznam symbolů a zkratk.....	9
1 Úvod.....	10
2 Přehled současného stavu	11
2.1 Třes a jeho příčiny	11
2.2 Parkinsonova choroba a parkinsonismus.....	14
2.2.1 Parkinsonova choroba	14
2.2.2 Parkinsonismus	15
2.3 Vývoj Parkinsonovy choroby u opic	15
2.4 Předchozí verze TremAn	16
2.5 Vývojové technologie a postupy	18
3 Návrh a popis řešení	20
3.1 Požadavky.....	20
3.1.1 Funkční požadavky	20
3.1.2 Nefunkční požadavky.....	21
3.1.3 Případy užití	21
3.2 Návrh	22
3.2.1 Funkční specifikace.....	22
3.2.2 Návrh uživatelského prostředí.....	24
3.3 Technické řešení	25
3.3.1 Použité technologie	25
3.3.2 Návrh postupů	26
3.3.3 Externí knihovny.....	27
3.4 Výpočet frekvence.....	28
4 Implementace.....	30
4.1 Struktura aplikace.....	30
4.2 Ukládání a export pozic oblasti zájmu	32

4.3	Měření frekvence.....	34
5	Uživatelská dokumentace	36
5.1	Import videozáznamu	36
5.2	Práce s videozáznamem.....	36
5.3	Výběr oblasti zájmu.....	37
5.4	Ukládání a nahrávání	38
5.5	Měření frekvence třesu	39
5.6	Práce s výsledky měření	40
6	Testování.....	42
6.1	Videozáznam	42
6.2	Akcelerometr	42
7	Diskuze	44
8	Závěr	45
	Seznam použité literatury.....	46
	Seznam obrázků	47
	Seznam tabulek	48
	Seznam rovnic.....	49
	Seznam příloh.....	50

Seznam symbolů a zkratk

XML	Extensible markup language
XAML	Extensible application markup language
HTML	Hypertext markup language
GUI	Graphical User Interface
MVVM	Model View ViewModel
MVC	Model View Controller
WPF	Windows Presentation Foundation
WF	Windows Forms
LINQ	Language-Integrated Query
UML	Unified Modeling Language

1 Úvod

Cílem této práce je vytvořit aplikaci, která je schopna měřit frekvenci třesu z videozáznamu. Tato aplikace by měla být využívána ICM institutem v Paříži pro sledování vývoje třesu u opic postižených Parkinsonovou chorobou, které by mohlo vést k lepšímu pochopení této choroby a její léčbě u lidí. Z tohoto důvodu musí aplikace splňovat některé požadavky výše zmíněného institutu, které jsou pro měření třesu u opic potřeba.

Je třeba, aby aplikace fungovala na moderních operačních systémech a umožňovala, nahrání videozáznamu ve velkém množství formátů a jeho ořezání, pohyb a automatické ukládání pozic oblasti v čase videozáznamu, měření frekvence, zobrazení výsledků v grafech a jejich následný export pro případnou další analýzu.

V případě měření frekvence třesu by se měla aplikace inspirovat algoritmem vytvořeným Ing. Zdeňkou Uhríkovou a upravit ho tak, aby pohyb měřené oblasti neovlivnil výslednou frekvenci.

První část práce se zabývá popisem různých druhů třesu, které se mohou objevit u objektů podléhajících měření pomocí této aplikace. Poskytuje informace o Parkinsonově chorobě a přibližuje sledování jejího vývoje na opicích. Popisuje dříve vytvořenou aplikaci a poukazuje na nedostatky, které je třeba odstranit. Jsou zde také uvedeny některé technologie a postupy pro vývoj aplikací.

Dále jsou uvedeny požadavky kladené na vyvíjenou aplikaci sestavené na základě analýzy její předchozí verze a požadavků koncového uživatele. Z těchto požadavků je vytvořený návrh na implementaci aplikace, od jejího vzhledu až po použité technologie, některé programovací postupy a externí knihovny. Tato část také obsahuje obecný návrh řešení výpočtu frekvence.

V další kapitole je popsána struktura aplikace, která vychází z navržených postupů. Představuje způsob implementace automatického ukládání a exportu pozic oblasti zájmu, včetně struktury XML, a dále také algoritmus pro měření frekvence třesu.

Základní postupy při práci s aplikací, jako jsou import videozáznamu, výběr oblasti zájmu, měření frekvence třesu a další, jsou uvedeny pro budoucí uživatele v páté kapitole, jejíž anglická verze je přiložena v příloze (Příloha 1).

Šestá kapitola se zabývá testováním výsledků aplikace vůči přesnější metodě měření pomocí akcelerometru.

2 Přehled současného stavu

Tato kapitola popisuje různé druhy třesu a příčiny, které ho mohou způsobit. Dále se také zabývá Parkinsonovou chorobou, s kterou třes velmi úzce souvisí, a popisuje, jak je tato choroba sledována u zvířat. Je zde taky analyzována aplikace vytvořená Ing. Zdeňkou Uhríkovou [1] a uvedeny některé moderní technologie a postupy pro vývoj aplikací.

2.1 Třes a jeho příčiny

Třesem jsou myšleny neúmyslné, rytmické a oscilující pohyby svalů jedné či více částí těla. Tento jev se může objevit v jakékoliv části těla. Nejčastěji jsou třesem postiženy horní končetiny, ale i další části, jako jsou dolní končetiny, hlava, obličej, hlas a trup, mohou být postiženy také.

Třes je symptomem neurologických chorob, může se objevit jako vedlejší účinek některých látek a jeho nejvíce běžná forma se objevuje hlavně u zdravých lidí. Z toho vyplývá, že třes nemusí vždy znamenat vážný stav, ale v některých případech může indikovat vážnou chorobu.

Za generováním třesu stojí většinou části mozku, které ovládají svaly napříč celým tělem nebo právě jen v oblastech, jako jsou například ruce a nohy.

Mezi neurologické choroby či stavy, které mohou produkovat třes, je možné zařadit např. roztroušenou sklerózu, náhlou mozkovou příhodu, traumatický úraz mozku a neurodegenerativní onemocnění, které poškozují části mozkového kmene nebo mozečku. Jak jsem již uvedl výše, může být třes způsoben i užíváním některých látek, např. amfetaminů, kortikosteroidů, přípravků pro léčbu psychiatrických onemocnění a alkoholu.

Třes lze velmi obecně rozdělit na dva základní typy, podle stavu, ve kterém se typicky objevují.

Takový třes, který nastává v případě, kdy jsou všechny svaly relaxovány, jako jsou poležené či volně visící ruce podél těla ve stoje nebo při chůzi, lze nazvat klidovým třesem.

Naopak třes, který se vyskytuje během pohybu (aktivní inervace) postižené části těla, je nazýván třesem akčním. Ten se dále rozděluje na několik podtypů[2][3]:

- **Posturální třes**, který nastává ve chvíli, kdy osoba působí silou proti gravitaci, při volných a účelových kontrakcích svalů např. při držení roztažených paží.

- **Kinetický třes**, objevující se během pohybu dané části těla, jako je pohyb zápěstím nahoru a dolů nebo rotační pohyby předloktí.
- **Specifický třes**, vznikající nebo se velmi zhoršující pouze při provádění specifických úloh či aktivit. Někdy ho také lze nazvat pracovním třesem. Jeho nejčastějšími případy jsou třesy během psaní nebo řeči.
- **Intenční třes**, který může být pozorován, když je pohyb končetiny mířen proti určitému cíli, např. proti prstu vyšetřujícího nebo svému nosu.
- **Izometrický třes**, nastávající během volních svalových kontrakcí, které nejsou však provázeny žádným pohybem.

Klasifikujeme-li třes detailněji, podle jeho výskytu, frekvence a doprovázejících znaků, existuje jeho několik dobře známých forem[2][4][5]:

- **Základní (esenciální) třes** je nejběžnější formou abnormálního třesu. Je to bilaterální, z velké většiny symetrický akční (posturální nebo kinetický) třes objevující se nejčastěji na rukou a předloktí. Přestože tato forma může být u některých lidí mírná a neprogresivní, u jiných se můžou symptomy pomalu vyvíjet, tak, že za několik let může místo jedné strany těla postihovat obě. Frekvence základního třesu se může pohybovat mezi 5 až 10 Hz a růst spolu s věkem. Výskyt tohoto třesu může způsobovat a umocňovat vyšší emoční zátěž, stres, horečka, fyzické vyčerpání nebo nedostatek cukru v krvi. U většiny pacientů nejsou pozorovány doprovázející neurodegenerativní příznaky, ale jak dokazují poslední studie, může být při vyšetření nalezeno méně nebo více odlišných znaků na různých částech mozečku, zejména u pacientů s dlouho přetrvávajícím třesem.
- **Parkinsonický třes**, jak vypovídá z jeho názvu, je jedním z hlavních a často nejdříve nastupujících příznaků Parkinsonovy choroby (kapitola 2.2.1). Typicky se vyskytuje jako klidový třes, až u poloviny všech pacientů se ale může objevit i mírný akční (hlavně posturální) třes. Frekvence parkinsonického třesu se pohybuje okolo 5 Hz a vyznačuje se typickými oscilujícími kroutivými pohyby rukou. Tato frekvence může často stoupat se stresem nebo emočním vypětím. Projevuje se obvykle po 60. roce stáří, kdy ho nejdříve lze pozorovat na jedné části těla nebo jeho jedné straně. Poté se většinou rozšiřuje do dalších částí.

- **Dystonický třes** se objevuje u jedinců každého věku, kteří jsou postiženi dystonií, nemocí, při níž mimovolní kontrakce svalů způsobují abnormální kroutivé a opakující se pohyby a bolestivé pozice, jako např. mimovolní kroucení krkem (torticollis). Tento třes může ovlivňovat jakýkoli sval v těle a často se objevuje, je-li osoba v určité pozici nebo se pohybuje určitým směrem. Typicky se tedy jedná o specifický třes, který nastává při specifických aktivitách, v některých případech se objevuje také jako klidový třes rukou a může vést k milné diagnóze brzké Parkinsonovy choroby.

Jeho frekvence se pohybuje mezi 5-7 Hz.

Vyskytuje se nepravidelně, často mizí při úplném klidu a jeho vážnost může být snížena dotykem postižené oblasti. Většinou bývá počátečním příznakem dystonie v konkrétní části těla.

- **Cerebelární třes** je pomalý (jeho frekvence se pohybuje pod hranicí 4,5 Hz), velkoamplitudový třes končetin, ke kterému dochází ke konci účelových pohybů, jako je stisknutí tlačítka. Jedná se tedy o intenční třes, který je způsoben lézemi nebo jiným poškozením na mozečku, zapříčiněným mozkovou příhodou, tumorem, roztroušenou sklerózou nebo jinou dědičnou degenerativní chorobou. Může být také důsledkem chronického alkoholismu nebo nadměrného užívání některých léků.

U klasického cerebelárního třesu, léze na jedné straně mozku produkuje třes na stejné straně těla, který se zhoršuje při přímém pohybu.

Jeho jiná podoba je nazývána jako Holmesův třes, který je kombinací klidového, intenčního a posturálního třesu.

- **Psychogenický třes** se může projevit jako třes klidový i kterýkoli z podtypů třesu akčního. Charakteristika tohoto třesu může být vždy odlišná, ale je pro něj typický náhlý nástup a následné rychlé odeznění.

Často se vyskytuje při velkém stresu, jeho směr a oblast postižení se mění, stejně jako jeho frekvence.

Trpí jím mnoho jedinců s různými druhy psychiatrických onemocnění a hlavně s disociativní poruchou, psychologickou chorobou, která má fyzické symptomy.

- **Ortostatický třes** jsou svalové kontrakce v oblasti nohou a trupu objevující se ve vzpřímené poloze a způsobující nestabilitu stoje.

Jeho vysoká frekvence, mezi 12 až 18 Hz, vede ke splynutí jednotlivých kontrakcí a je těžké ho okem rozeznat. Kontrakce mohou být slyšet stetoskopem při přiložení na stehenní sval.

- **Fyziologický třes** je nejčastější formou třesu, která se vyskytuje u každého normálního jedince. Okem je vidět jen výjimečně a většinou se projevuje jako mírné třesení rukou. Nejedná se o žádné onemocnění a není generován mozkiem, ale mechanickými vlastnostmi těla spojenými s tělními rytmy, jako je tlukot srdce či normální svalové kontrakce.

Za jeho vznikem a zesilováním mohou stát silné emoce (úzkost, strach), fyzické vyčerpání nebo například kofein.

Pokud je fyziologický třes na takové úrovni, že je okem dobře viditelný, bývá příčinou buď reakce na určité léky a jiné látky (alkohol, těžké kovy atd.), nebo zdravotní stavy, jako jsou hypoglykémie či hypertyreóza.

2.2 Parkinsonova choroba a parkinsonismus

Tato kapitola se věnuje Parkinsonově chorobě, její diagnóze, možným příčinám a stavům s ní spojeným, jako je právě parkinsonismus.

2.2.1 Parkinsonova choroba

Parkinsonova choroba je progresivní neurodegenerativní onemocnění vedoucí k parkinsonismu (kapitola 2.2.2), pro které jsou charakteristické léze v bazálním gangliu, většinou v oblasti zvané substantia nigra. V této oblasti se nacházejí buňky produkující dopamin, který je velmi důležitý při přenášení vzruchu mezi neurony a jeho nedostatek vede k postupnému snižování schopnosti ovládnutí pohybů.

Choroba se projevuje zpravidla mezi 40 a 70 lety stáří, s mírou prevalence přibližně 160 případů na 100 000 lidí a incidence 20 případů na 100 000 lidí.

Na výskytu Parkinsonovy choroby se pravděpodobně podílí hned několik faktorů, od dědičných predispozic nebo působení toxinů v prostředí, až po stárnutí. [6]

V této době neexistují žádné krevní nebo laboratorní testy, které by byly schopné pomoci s diagnózou Parkinsonovy choroby. Z toho důvodu je její diagnóza založená hlavně na analýze zdravotních záznamů pacienta a jeho neurologických vyšetřeních. To bývá ve většině případů složité, proto lékaři mohou pomoci skeny mozku nebo laboratorní testy, které vyloučí ostatní choroby.[7]

2.2.2 Parkinsonismus

Parkinsonismus je jakýkoliv stav, který způsobuje kombinaci pohybových poruch, které lze vidět při postižení Parkinsonovou chorobou, jako jsou [8]:

- **Klidový třes** (kapitola 2.1)
- **Bradykineze** – zpomalení pohybů, způsobuje potíže při provádění každodenních činností
- **Ztuhlost svalů končetin a trupu** – svaly končetin jsou neustále napjaté, snižuje rozsah pohybů a může být velmi bolestivá
- **Posturální nestabilita** – tendence k nestabilitě ve vzpřímeném postoji, představuje velké nebezpečí zhrounutí vzad a to může vést až k pádu např. při zvedání se ze židle

80% případů parkinsonismu je způsobeno právě Parkinsonovou chorobou. Jinými příčinami mohou být např. mnohočetná systémová atrofie, progresivní supra nukleární obrna nebo kortikobazální degenerace. Tyto neurodegenerativní stavy jsou často zařazovány do skupiny tzv. „atypického parkinsonismu“ nebo „parkinson-plus syndromu“. Může být také symptomatický, jako výsledek různých vaskulárních, s léky spojených, infekčních, toxických a dalších sekundárních příčin.[6]

2.3 Vývoj Parkinsonovy choroby u opic

Pozorování vývoje Parkinsonovy choroby a parkinsonismu může být prováděno na zvířatech. V ICM institutu, který poptává právě tuto aplikaci, studují vývoj Parkinsonovy choroby u opic. Těm je podáván neurotoxin MPTP (1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahy-dropyridine), který ničí neurony produkující dopamin v oblasti substantia nigra bazálního ganglia a tím způsobuje u opic takový stav, jako nastává při Parkinsonově chorobě, se všemi jejími příznaky. To umožňuje studovat poranění v této oblasti a možnosti jejich opravy. [9]

Po čase je u opic pozorováno zlepšení jejich pohybových schopností. Mezi to patří i snížení frekvence jejich třesu končetin nebo celého těla, které je třeba pozorovat. Právě v tomto případě by mohlo pomoci měření frekvence z videozáznamu. Opice jsou uzavřeny v kleci a natáčeny statickou kamerou (viz Obrázek 1), problémem je, že se neustále pohybují a je třeba takového nástroje, který by byl schopný připravit videozáznam pro měření jeho oříznutím a přidáním možnosti automatického posouvání vyznačené oblasti.



Obrázek 1: Pozorování vývoje Parkinsonovy choroby na opicích.

2.4 Předchozí verze TremAn

V současné době existuje aplikace vytvořená Ing. Zdeňkou Uhríkovou na FEL ČVUT, která byla použita jako inspirace pro tuto bakalářskou práci. Aplikace vyvíjená v rámci této práce ovšem nevyužívá žádných zdrojových kódů předchozí aplikace, která je napsaná v jazyce C++.

I přes její stáří (2009), aplikace zatím funguje i na současných verzích Windows, ale v brzké době, vzhledem ke zkracujícím se intervalům vydávání nových verzí tohoto operačního systému, by tomu už tak být nemuselo. Na současných verzích (Windows 10 a Windows 8) nefungují kodeky, které jsou s aplikací dodány. Je nutné hledat alternativní a ani to není zárukou její správné funkčnosti.

Aplikace je schopna pracovat s formáty .avi a .mpg, ale bohužel s těmi dnes nejpoužívanějšími, jako jsou .wmv nebo .mp4, pracovat neumožňuje.

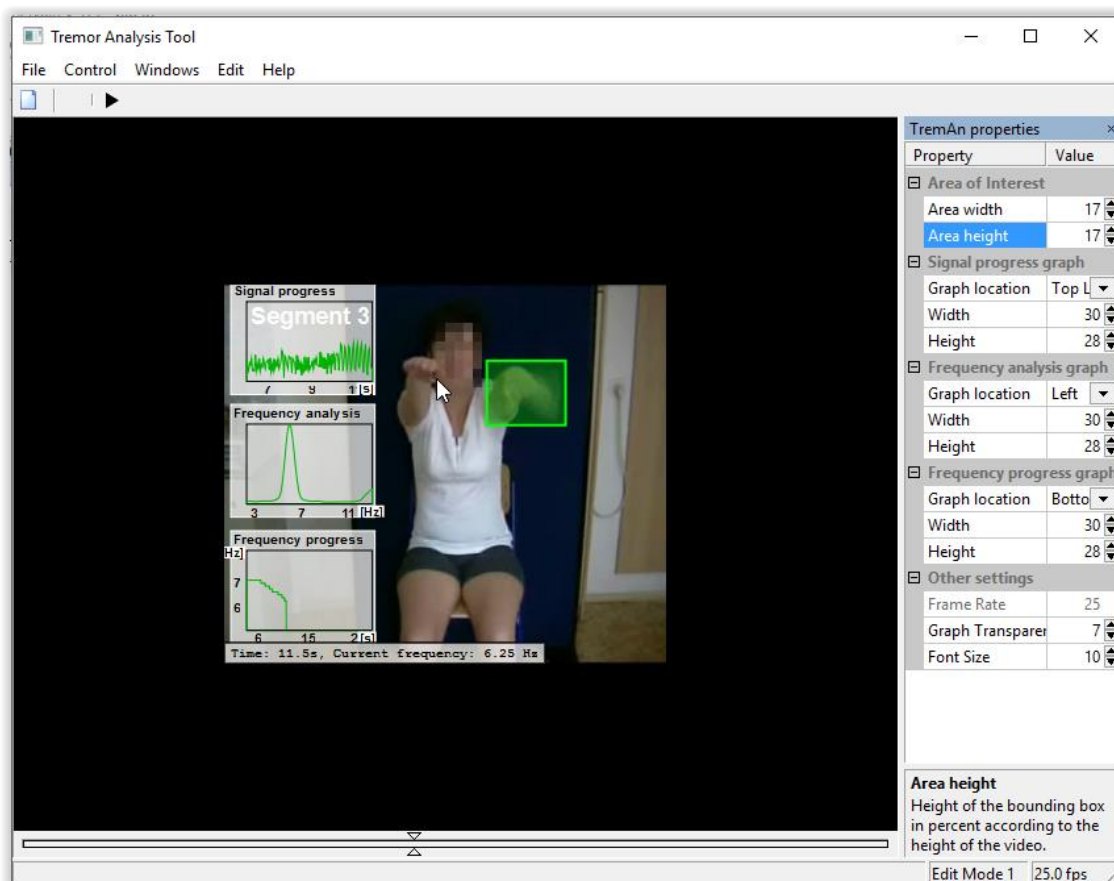
Měření frekvence je prováděno v reálném čase při přehrávání videozáznamu, tento přístup uživateli dává dobrý přehled o průběhu měření, ale neumožňuje, v některých případech potřebnou, přípravu videozáznamu a přeskokování v něm bez zkreslení výsledků. Měření je možné spustit tlačítkem *Play*, které je umístěné netradičně v horní části okna aplikace. Parametry měření nelze nastavovat.

Prostředí aplikace je jednoduché a přehledné. Dává uživateli možnost definovat si vlastní klávesové zkratky pro úkony jako je např. zpomalení přehrávání videa.

Překážkou pro uživatele mohou být však grafy a výběr oblasti zájmu. Grafy jsou vykreslované přímo do videozáznamu, tím mohou zakrývat jeho potřebné části (viz Obrázek 2). V tomto případě je třeba upravovat parametry každého grafu jednotlivě (jeho pozice pomocí rozbalovacího seznamu *Graph location*, výšku a šířku textovými poli *Height* a *Width*) a to může být zdlouhavý a nepohodlný proces.

Oblast zájmu je možné přesouvat pouze kliknutím levým tlačítkem do videozáznamu a její šířku nebo výšku lze měnit jen pomocí textových polí *Area width* a *Area height*. Díky tomu není často jednoduché označit oblast, kterou opravdu chceme. Pozici oblasti nelze ukládat a nejde ji tedy automaticky měnit, je-li třeba.

Výhodou aplikace je schopnost exportovat videozáznam s grafy a obrázkem s výslednými grafy a hodnotami. Export do textového souboru je možný také, ale obsahuje pouze průměrnou hodnotu frekvence a rozsah, ve kterém se hodnoty pohybují, takový výstup není příliš použitelný k případné další analýze.



Obrázek 2: Předchozí verze TremAn.

2.5 Vývojové technologie a postupy

Windows Presentation Foundation (WPF)

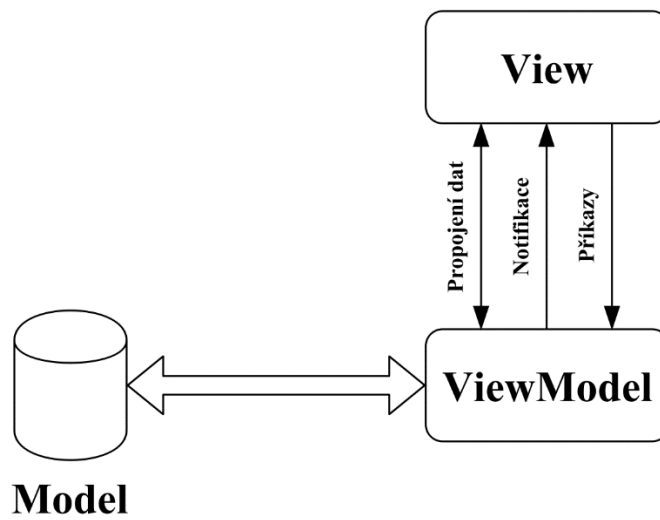
WPF je framework pro grafické uživatelské rozhraní. Je součástí Microsoft .NET Framework od jeho 3. verze. O vykreslování grafických prvků se stará technologie Direct3D, která aplikacím dodává na svižnosti v porovnání s předchozím řešením. K tvorbě GUI využívá značkovacího jazyka XAML, vycházejícího z XML, a práce s ním je podobná HTML při vytváření webových stránek. Tento jazyk definuje formulářové prvky, které se v okně nacházejí, a umožňuje pomocí tzv. bindingu jejich propojení s objekty, vytvořenými jedním z programovacích jazyků .NET, nejčastěji C# nebo Visual Basic. Tento přístup odděluje logiku aplikace od její prezentační vrstvy a dává tak možnost lepší přehlednosti zdrojového kódu, tvorby přívětivějšího GUI, implementace animací, 3-D grafiky a dalších moderních technologií.

Model-View-ViewModel

Model-View-ViewModel je návrhový vzor, který odděluje data, logiku aplikace a uživatelské rozhraní. Tím se snaží nejen o kratší a srozumitelnější kód, který je lépe uzpůsoben pro případné změny, ale i pro snadnější předávání informací mezi okny aplikace. Tento vzor byl vyvinut společně s XAML a WPF, je tedy dobře připraven pro implementaci s nimi a využívá jejich výhod, jako je právě např. binding.

V principu je velmi podobný známému vzoru MVC, který je často využíváný u webových aplikací. Vzor obsahuje tři komponenty (třídy)[10]:

- **Model** je komponent, který reprezentuje data, nad kterými aplikace pracuje.
- **View** je komponent, který reprezentuje uživatelské rozhraní, tedy v tomto případě okno desktopové aplikace.
- **View model** je komponent propojující Model s View, který udržuje veškerou logiku a stav aplikace. Získává data z modelu a zprostředkovává je View někdy i v upravené formě pro jednodušší prezentaci uživateli. Zpracovává také příkazy uživatele na práci s daty přicházející z View.



Obrázek 3: MVVM návrhový vzor.

Singleton

Singleton je jednoduchý návrhový vzor, který lze použít, potřebujeme-li si být jistí existencí pouze jedné instance daného objektu. Umožňuje globální přístup k této instanci.

3 Návrh a popis řešení

3.1 Analýza a požadavky

V této sekci jsou uvedeny požadavky kladené na funkce aplikace, které vycházejí z požadavků ICM institutu v Paříži a z analýzy předešlé verze TremAn (kapitola 2.4). Dále jsou rozebrány nefunkční požadavky na aplikaci, tedy požadavky na celkový běh aplikace a její vzhled.

3.1.1 Funkční požadavky

Práce s videozáznamem

Aplikace musí umožňovat import videozáznamu minimálně v dnes běžných video formátech (mp4, avi, mkv, wmv). Uživatel bude dále moci tento videozáznam přehrát, pozastavit či zastavit úplně a posouvat se v něm vpřed i zpět. Videozáznam by mělo být možné ořezat od jeho začátku a konce.

Oblast zájmu

Ve videozáznamu musí být možné vyznačit oblast, ze které bude později určována frekvence třesu. Je nutné, aby uživatel mohl jednoduše měnit pozici a rozměry této oblasti a informace o ní byly automaticky zaznamenány tak, že s budoucí změnou času ve videozáznamu (posun vpřed či zpět) se změní i pozice a rozměry oblasti zájmu, které uživatel v daném čase určil.

Ukládání a nahrávání pozic oblasti zájmu

Uživatel musí mít možnost uložit do souboru ve formátu XML pozice oblasti zájmu, přiřazené k určité videonahrávce, a případně je z tohoto souboru znovu nahrát. Při nahrání musí být automaticky otevřen správný videozáznam a pozice vyznačené oblasti musí odpovídat pozicím, které uživatel zadal před uložením své práce.

Výpočet frekvence

Aplikace musí být schopna určit frekvenci třesu z vyznačené oblasti ve videozáznamu. Implementuje podobný výpočet frekvence, jako v předešlé verzi TremAn, avšak tak, že nebude ovlivněn změnou pozice oblasti zájmu. Implementace by měla také klást důraz na optimalizaci rychlosti tohoto výpočtu (algoritmu) a jeho přesnost, která by měla být testována.

Prohlížení výsledků

Výsledná data musí aplikace prezentovat uživateli ve vizualizované podobě, pomocí grafů. Grafy musí vypovídat o tvaru výkonového spektra pro každý snímek a změnách frekvence napříč videozáznamem. Zobrazí také důležité hodnoty frekvencí, které se v záznamu nacházejí.

Export výsledků

Uživatel by měl mít možnost exportovat výsledná data do textového souboru v takové formě, která umožní jejich další analýzu.

3.1.2 Nefunkční požadavky

V této kapitole jsou uvedeny požadavky na aplikaci jako celek, její vlastnosti a omezení služeb, které nabízí, jako je spolehlivost aplikace, stabilita nebo její vzhled.

Stabilita aplikace

Aplikace by měla být stabilní. To znamená, že její funkčnost by neměla být ovlivněna neočekávanou chybou a měla by být zachována ve stavu, v jakém byla před touto chybou.

Běh a rychlost aplikace

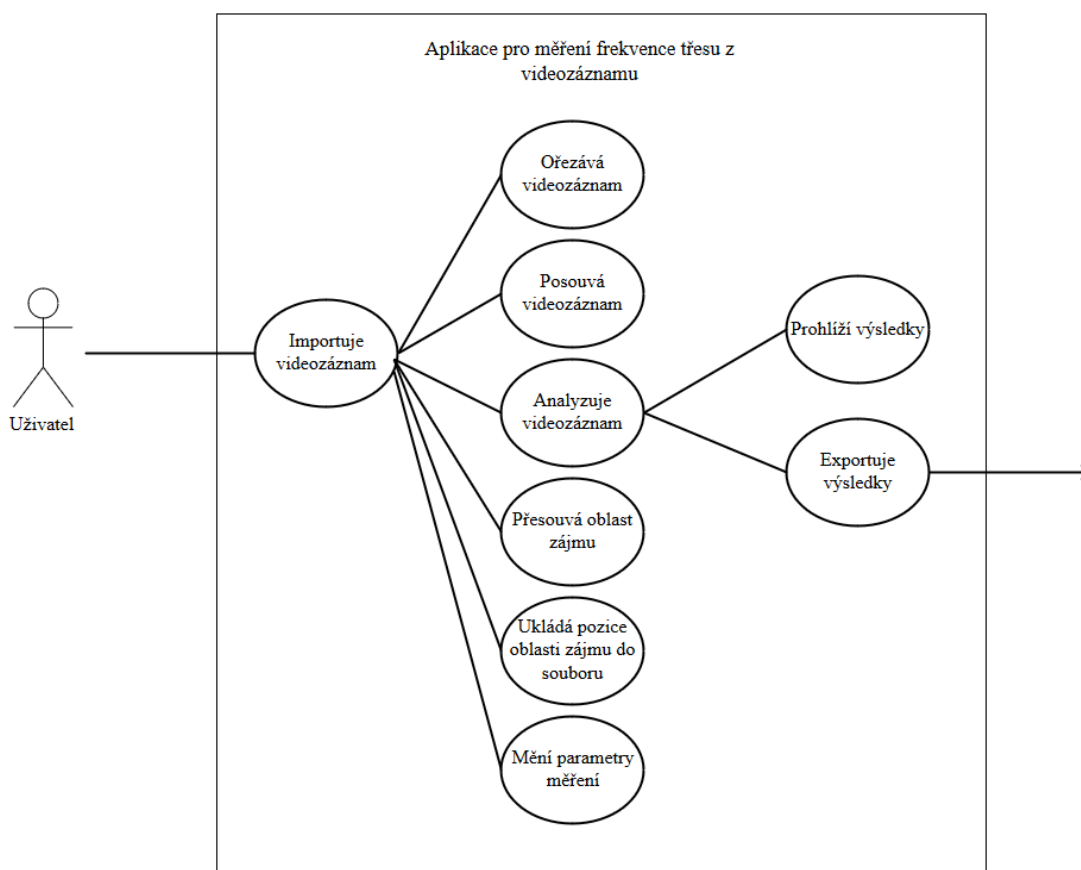
Mělo by být využíváno takových technologií, které umožní funkci aplikace i na pomalejším hardwaru a její rychlé odezvy na uživatelovi akce. Z toho také vyplývá požadavek, aby aplikace fungovala i na starších verzích operačního systému Windows, přesněji od verze Vista.

Vzhled aplikace

Grafické uživatelské rozhraní (GUI) aplikace by mělo být jednoduché, intuitivní a přizpůsobitelné v případě změny velikosti okna. Všechny jeho prvky by měly být důkladně označeny z důvodu lepší orientace v prostředí a tím maximalizovat rychlost práce s aplikací.

3.1.3 Případy užití

Po definování funkčních požadavků (nelze pokrýt nefunkční požadavky) je velmi důležité sestavit případy užití aplikace, které budou přesně definovat rozsah práce s aplikací. V UML diagramu níže jsou uvedeny všechny případy, jak může uživatel, tedy v tomto případě aktér, aplikaci využít. Popis chování aplikace z pohledu aktéra je důležitý právě pro vývojáře tím, že definuje funkce aplikace, které je potřeba implementovat.



Obrázek 4: Use case diagram aplikace.

3.2 Návrh

V této kapitole jsou uvedeny detailnější návrhy, jak funkčnosti aplikace, tak jejího vzhledu, které byly sestaveny na základě požadavků uvedených v předchozí kapitole.

3.2.1 Funkční specifikace

Z funkčních požadavků na aplikaci vychází specifikace jejích funkcí (Obrázek 5). Nejdříve se vybere videozáznam nebo již uložený projekt s pozicemi oblasti zájmu, který bude načten ke zpracování. Není-li délka videozáznamu větší než velikost okna, které má být analyzováno, bude vybrán jiný. Je-li dostatečně dlouhý, bude importován pro další práci. Aplikace informuje, když nebude videozáznam správného formátu. Načtený záznam přehraje kliknutím na tlačítko *Play*, pozastaví kliknutím na tlačítko *Pause* nebo úplně zastaví a vrátí na začátek kliknutím na tlačítko *Stop*. Dále se v něm bude posouvat posuvníkem, přetažením jeho jezdce myši nebo kliknutím na jeho část,

točením kolečka myši při najetí na posuvník nebo šipkami klávesnice, když je posuvník označen.

Záznam se ořeže pomocí druhého posuvníku, který má 2 jezdcy. První jezdec ořeže začátek, druhý ořeže jeho konec. Druhý posuvník je zamčený do té doby, než je aktivován přepínacím tlačítkem, kterým ho lze znovu také deaktivovat.

Po importování nového videozáznamu zobrazí aplikace první snímek s pozicí oblasti, znázorněnou červeným obdélníkem, ve výchozím pravém horním rohu záznamu. Při načtení projektu zobrazí první snímek s oblastí na pozici, která byla uložena uživatelem.

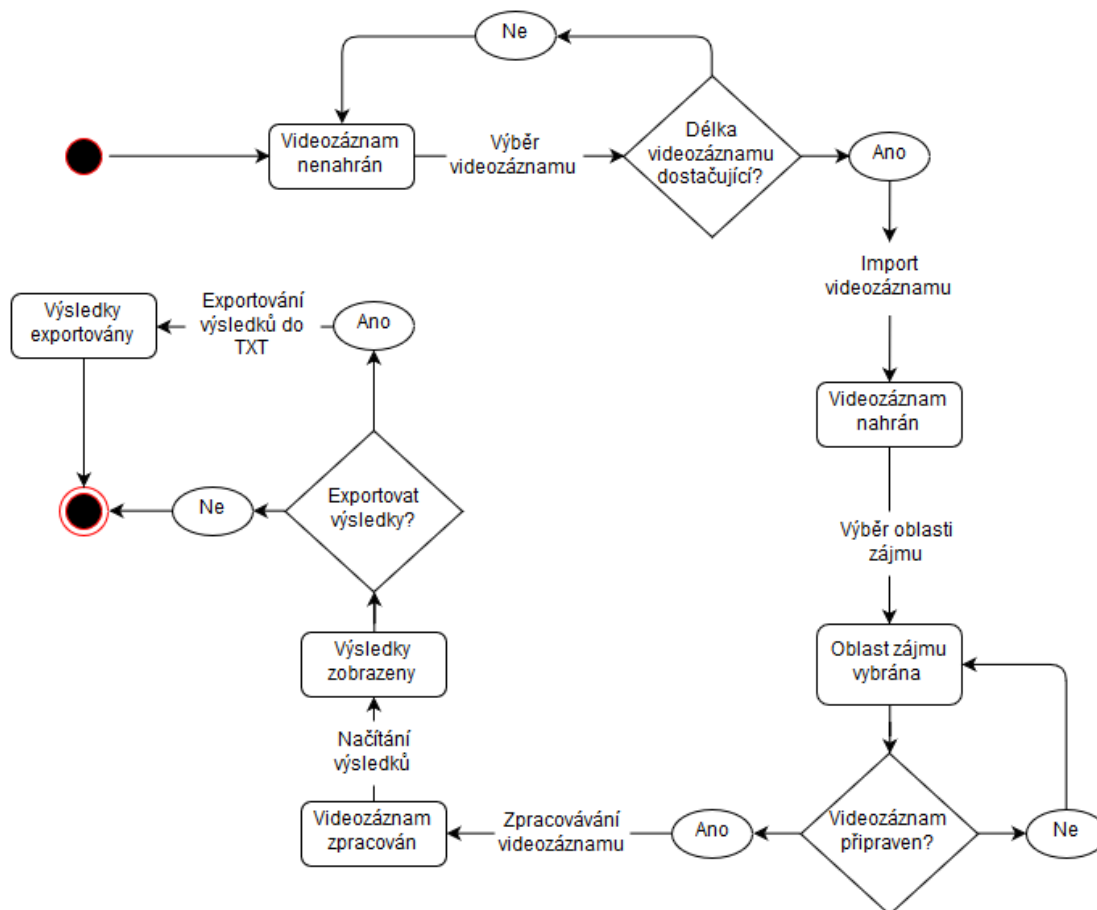
Pozice této oblasti se bude měnit kliknutím a tažením myši za její prostředek (tělo) a rozměry roztažením za její strany nebo rohy. Ke změně budou také sloužit textové pole pro x-ovou souřadnici, y-ovou souřadnici, šířku a výšku oblasti. Změny všech těchto parametrů budou sledovány a automaticky ukládány tak, aby se změnou pozice ve videozáznamu byly automaticky změněny na stanovené hodnoty (kapitola 4.2). Takto připravený záznam bude možné uložit do souboru ve formátu XML, který bude obsahovat cestu k videozáznamu a všechny pozice oblasti zájmu. Tento soubor označuje projekt, který půjde znovu načíst.

Před samotnou analýzou se nastaví její parametry. K tomu bude sloužit nové okno s textovými poli. Jedním z těchto parametrů je rozestup bodů v analyzační mřížce, druhým je počet vláken aplikace, které budou snímky paralelně analyzovat, třetím nejmenší frekvence, která bude zobrazena a posledním velikost analyzačního okna (okna snímků). Při změně výše zmíněných parametrů se uloží a budou nastaveny na stejné hodnoty i po restartu aplikace.

V tomto bodě je videozáznam připravený pro analýzu. Aplikace ho zpracuje postupným posouváním analyzačního okna nad videozáznamem (kapitola 4.3) a výpočtem výkonového spektra signálu, z tohoto okna nasbíraného (kapitola 3.4). U ořezaného videozáznamu bude probíhat analýza pouze nad jeho ořezanou částí. Aplikace přestane zpracovávat, není-li již dostatečný počet snímků v analyzačním okně.

Po zpracování prezentuje aplikace výsledky v novém okně pomocí grafů a vypsaných hodnot frekvence pro stávající pozici v záznamu, dále vypíše průměrnou a majoritní frekvenci v celém videozáznamu. První graf zobrazí výkonové spektrum snímku na pozici, kterou udává posuvník videozáznamu. Při posunu se mění zobrazené spektrum a nad grafy vypsaná stávající naměřená frekvence. Druhý graf udává všechny hodnoty frekvence, které byly naměřeny v měřené části videozáznamu. V grafech se bude dávat posouvat po osách, přibližovat křivku a procházet všechny jeho hodnoty. Poté bude možné exportovat do textových souborů, pomocí příslušných tlačítek v okně s grafy,

všechny výsledné frekvence v průběhu videozáznamu (každá frekvence na nový řádek souboru) a všechny hodnoty spekter, které byly naměřeny z měřených snímků (každý soubor hodnot na nový řádek).



Obrázek 5: Stavový diagram aplikace.

3.2.2 Návrh uživatelského prostředí

Při návrhu bylo nejdříve dbáno na zařazení potřebných ovládacích prvků aplikace do skupin podle jejich funkce. Podle těchto skupin byla dále určena pozice oblastí na hlavním okně aplikace, kde by se měly prvky nacházet (viz Obrázek 6). Je nutné, aby skupiny prvků byly od sebe jasně odděleny a umožňovali uživateli jednoduchou orientaci. Při pozicování byly brány v potaz některé zvyklosti z jiných aplikací, například pozice prvků pro ovládání videozáznamu je, jako u různých známých přehrávačů videa a editorů, ve spodní části okna.



Obrázek 6: Návrh uživatelského prostředí hlavního okna.

3.3 Technické řešení

V této kapitole je uveden návrh na technické řešení aplikace. Tento návrh definuje všechny technologie a postupy, které by měly být použité při implementaci aplikace, a dále také říká, které externí knihovny bude potřeba využít.

3.3.1 Použité technologie

Při vývoji desktopových aplikací je důležité zjistit, na jaké platformě ji plánuje koncový uživatel používat. V tomto případě, by aplikace měla fungovat primárně na platformě Microsoft Windows.

S tímto rozhodnutím souvisí výběr technologie pro vývoj takových aplikací, která je součástí .NET Framework. V úvahu přichází dvě dostupné technologie, Windows Forms a Windows Presentation Foundation (kapitola 2.5).

Pro výběr bylo nutné stanovit kritéria, které musí technologie splňovat. Použitá technologie musí umožnit tvorbu přívětivého uživatelského rozhraní, aby ovládání aplikace zvládli i méně technicky zdatní uživatelé. Dále musí být co nejvíce

aktuální, aby byla zaručena delší životnost aplikace. A její funkčnost by měla být dobře testována.

Ve všech ohledech se ukázalo WPF být lepším řešením. Je modernější, přizpůsobivější a testované využíváním u známých aplikací, jako je Autodesk AutoCad nebo Microsoft Visual Studio.

Jak již bylo zmíněno, WPF aplikace lze vyvíjet v několika programovacích jazycích, v tomto případě byl zvolen C# a cílová verze .NET Framework 4.5. Díky tomu bude aplikace schopna fungovat na požadovaných verzích Windows.

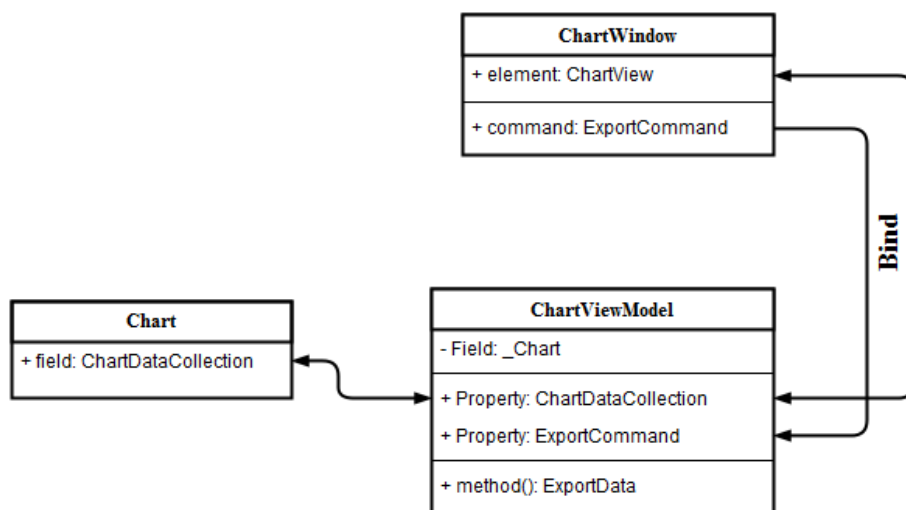
3.3.2 Návrh postupů

Využití MVVM

Návrh struktury tříd aplikace vychází z návrhového vzoru Model-View-ViewModel (kapitola 2.5). Tento přístup zajistí přehlednost a modularitu aplikace, která zjednoduší její budoucí změny.

Implementace tohoto modelu může být v určitých situacích, zvláště vytváříme-li nějaké specifické řešení pro ovládání prvků uživatelského rozhraní, složitá, proto je plánováno ho použít v případech jednoduchých úkonů nad daty, kde může ušetřit mnoho řádek kódu.

Na Obrázek 7 je pro ilustraci uveden konkrétní návrh implementace tohoto návrhového vzoru v případě práce s grafy.



Obrázek 7: MVVM návrh tříd pro grafy.

Využití Singleton

Návrhový vzor Singleton by měl být použit při vytváření oken, kde je potřeba zajistit, aby neměl uživatel možnost je vytvářet několikrát. Proto se po prvotním vytvoření okna dále vrací pouze jeho stávající instance. Všechny instance a metody třídy implementující Singleton budou definované jako statické a jejich konstruktor musí být privátní.

Singleton
-instance: singleton
-Singleton ()
+GetInstance () : Singleton

Obrázek 8: Diagram třídy implementující Singleton.[11]

3.3.3 Externí knihovny

Tato kapitola uvádí některé důležité knihovny, které bylo rozhodnuto využít na základě potřeb pro zpracování obrazu a grafického zobrazení výsledných dat.

DotImaging

Tato knihovna by měla být využita pro čtení snímků z videozáznamu a jejich konverzi do jiných formátů nebo jiných barevných modelů (například RGB na šedotónový). Formáty, do kterých tato knihovna podporuje ukládání obrázků, jako je nativní dvourozměrné pole .NET, jsou důležité pro pozdější zpracování snímků pomocí funkcí následující knihovny a bude-li potřeba, umožní práci nad nimi pomocí jazyka LINQ.

Accord .NET Extensions

Tato knihovna je nadstavbou známé knihovny Accord .NET. Implementuje různé algoritmy pro zpracování obrazu a filtry, které mohou být potřeba při měření frekvence třesu ze snímků videozáznamu. Dobře si rozumí právě s knihovnou DotImaging (mají stejného autora), která pro ni tvoří základ, jako je právě načítání snímků do pole .NET.

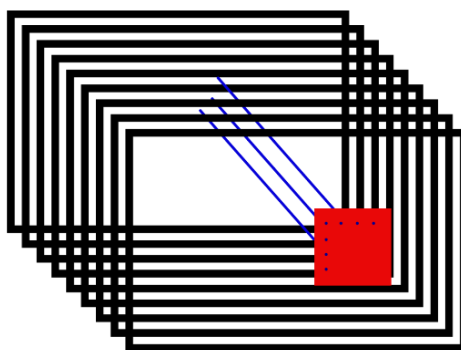
OxyPlot

OxyPlot je knihovna, která bude použita pro vykreslování grafů. Nabízí velké množství typů grafů a jejich interaktivní prohlížení a dynamické změny. Byla vybrána, protože je přizpůsobena pro jednoduchou implementaci s WPF a MVVM.

3.4 Výpočet frekvence

Výpočet frekvence je založen na měření změn v intenzitě obrazu ve vyznačené oblasti videozáznamu, která označuje specifickou část těla. Změny v intenzitě obrazu totiž dobře souvisí s třesivým pohybem.[1]

Přes celý snímek videozáznamu budou rovnoměrně rozdělovány body. Body, které se budou nacházet ve vyznačené části, označují pozici pixelů, ze kterých bude intenzita sbírána. Tento přístup zajistí, že výpočet nebude ovlivněn rychlou změnou pozice vyznačené oblasti. Z těchto několika vyznačených pixelů bude sbírán signál napříč oknem několika snímků (viz Obrázek 9). Každá barevná složka nalezeného pixelu ze všech snímků tvoří jednorozměrný signál s délkou rovnou počtu snímků v okně.



Obrázek 9: Sběr signálu napříč oknem snímků videozáznamu.

Měření frekvence tohoto signálu je založeno na výpočtu výkonového spektra pomocí Fourierovy transformace.

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}kn} \quad (1)$$

Rovnice 1: Diskrétní Fourierova transformace.

Kde N je délka signálu, která musí být rovna některé mocnině čísla 2.

Výsledné spektrum toho signálu je poté vypočteno jako absolutní hodnota z podílu výsledku Fourierovy transformace a délky signálu.

$$P = \left| \frac{F_n}{N} \right| \quad (2)$$

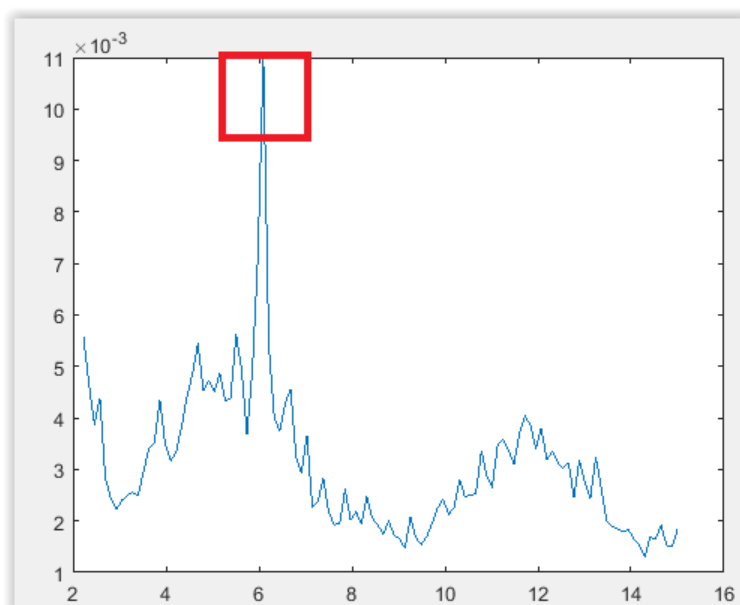
Rovnice 2: Výpočet spektra signálu.

Dále jsou sečtena všechna výsledná spektra signálů ze všech bodů ve vyznačené oblasti do jednoho, které je poté reprezentováno ve frekvenční doméně, která je definována následujícím frekvenčním vektorem

$$f_n = F_s * \left(\frac{n}{N}\right) \quad (3)$$

Rovnice 3: Výpočet frekvenčního vektoru.

Kde F_s je vzorkovací frekvence, která je rovna počtu snímků videozáznamu zobrazených za jednu vteřinu.



Obrázek 10: Ukázka výsledného spektra v prostředí Matlab.

Výsledná hodnota frekvence odpovídá největšímu píku výsledného spektra (na Obrázek 10 označen pomocí červeného čtverce).

4 Implementace

V této kapitole je uvedena finální struktura aplikace založená na jejím návrhu. Dále jsou popsány některé důležité funkce aplikace z hlediska jejich implementace. Aplikace je distribuována pod MIT licenci.

4.1 Struktura aplikace

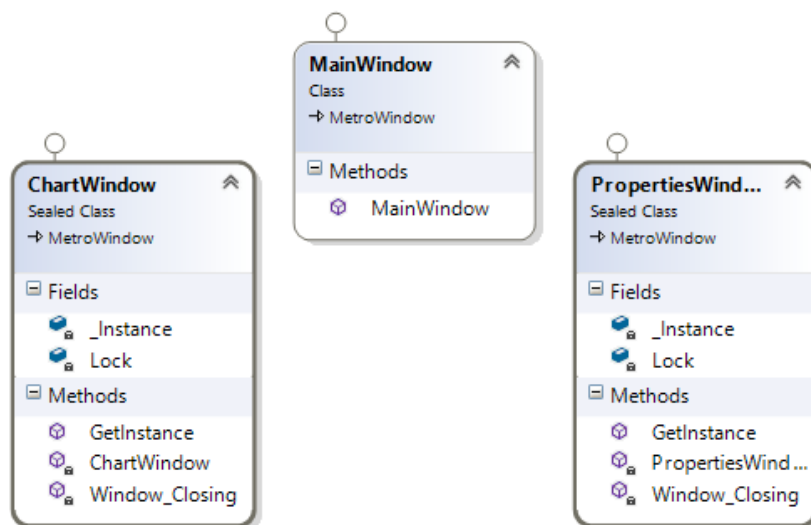
Při návrhu struktury aplikace bylo rozhodnuto o využití MVVM návrhového vzoru, podle tohoto vzoru, jak je uvedeno v kapitole 3.3.2, by se struktura tříd každého okna měla skládat ze tří komponent View, View model a Model.

Byl kladen důraz na dodržení této struktury, ale v některých případech, hlavně u hlavního okna aplikace, kde je View model soustředěn spíše na uživateli příkazy a je potřeba pracovat s různými typy dat, které jsou předávány View model třídám jiných oken, nebyla komponenta Model využita.

Byly také vytvořeny jiné třídy, které tuto strukturu doplňují a jsou využívány View modely pro přehrávání a měření času videozáznamu, konverzi obrázků, analýzu záznamu, export dat nebo přidání vlastností objektu oblasti zájmu.

View

- **MainWindow** je třída definující vzhled hlavního okna, jeho grafické prvky a jejich pozici, jako jsou obdélník znázorňující oblast zájmu, prvky pro kontrolu přehrávání videa, textová pole, menu, tlačítka a další. Určuje také propojení těchto prvků s objekty a příkazy v MainViewModel.
- **PropertiesWindow** je třída okna, které nabízí prvky pro změnu parametrů měření a rychlému návratu k jejich výchozím hodnotám.
- **ChartWindow** je třída okna, které uživateli prezentuje grafy a výsledné hodnoty. Prvky grafů a popisků, stejně jako příkazy tlačítek okna, jsou propojeny s ChartViewModel.



Obrázek 11: Class diagram komponent View.

Na diagramu View tříd výše (Obrázek 11) si můžete povšimnout, u ChartWindow a PropertiesWindow, použití návrhového vzoru Singleton.

View modely

- **MainViewModel** je nejdůležitější třída aplikace, provádí všechny požadavky uživatele posílané z MainWindow. Stará se o takové věci, jako je přehrávání videa, průběh měření, tvorba některých grafů, generování dat pro export nebo vytváření instancí ostatních oken (View).
- **PropertiesViewModel** je třída, jejíž hlavní činností je zpracování příkazů z PropertiesWindow na uložení změněných parametrů a jejich nastavení na výchozí hodnoty.
- **ChartViewModel** zprostředkovává data z Chart a stará se o průběh exportu měření do textového souboru.
- **AOITracerViewModel** pracuje nad daty z AOITracer a umožňuje přístup k nim. Stará se o ukládání pozic oblasti zájmu a jejich export a import.

Modely

- **Chart** uchovává výsledná data pro export, grafy a výsledné hodnoty
- **AOITracer** uchovává všechny pozice oblasti zájmu.
- **AOIRectangle** uchovává parametry oblasti zájmu.
- **PointOfInterest** uchovává data o pozici pixelu nacházejícího se v analyzační mřížce (viz kapitola 4.3).

Ostatní třídy

- **Reader** obsahuje funkce pro načtení videozáznamu, přeskokování v něm a poskytuje informace o něm.
- **Drawer** obsahuje funkce pro konverzi obrazu do různých datových typů a vyřezávání části obrazu.
- **AOIRectangleDecorator** přidává vlastnosti a chování objektu obdélníku, reprezentujícím oblast zájmu v `MainWindow`. Propojuje tento objekt s objekty `AOIRectangle`.
- **ReaderStopWatch** rozšiřuje třídu `System.Diagnostics.StopWatch` .NET Framework o možnost spuštění `StopWatch` (stopek) od určitého času.
- **Exporter** obsahuje funkce pro export dat do textového souboru.
- **Command** definuje příkazy, které jsou posílané z `View` do `ViewModel`.

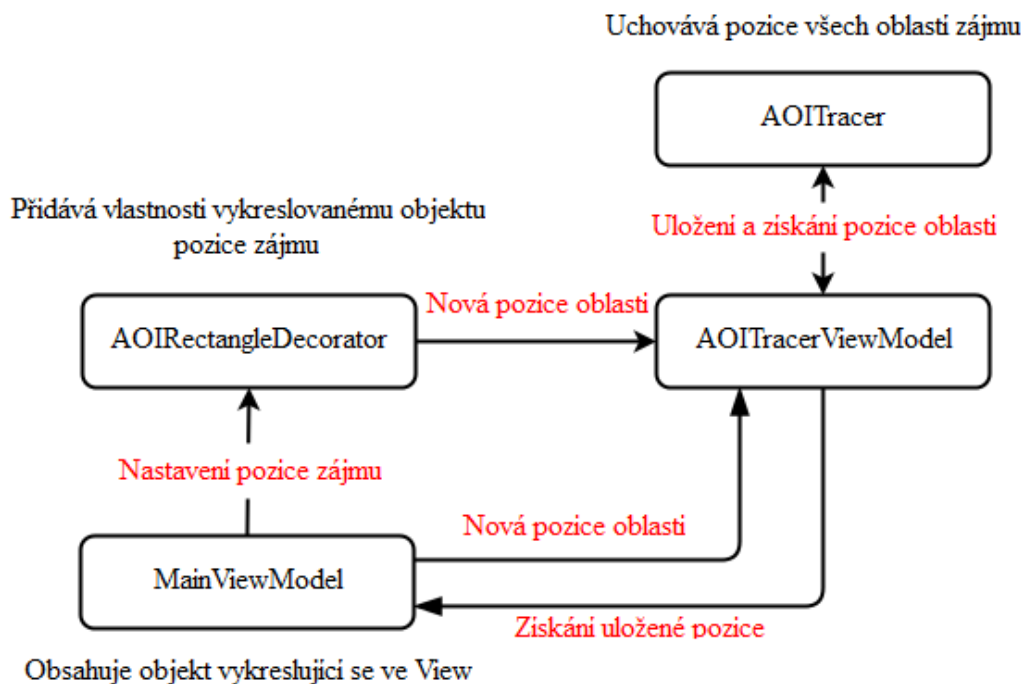
4.2 Ukládání a export pozic oblasti zájmu

Tato kapitola se zabývá procesem ukládání pozic, jejich automatickým načtením v průběhu přípravy videozáznamu k analýze a následným exportem těchto pozic pro pozdější použití.

Ukládání pozic oblasti zájmu

Změna a ukládání pozic oblasti zájmu je složitý proces začínající v `MainViewModel` držícím instanci oblasti zájmu. Objekt oblasti je předán `AOIRectangleDecorator`, ten ho sváže s `AOIRectangle` označujícím jeho současnou pozici a přidává k němu události pro pohyb myši a události volané při změně velikosti nebo pozice této oblasti. Každá změna uživatelem je převedena právě do objektu `AOIRectangle`. Ten poté `AOITracerViewModel` uloží na pozici ke všem následujícím snímkům. K tomu slouží jeho funkce `SaveAOIPosition()`. Tyto pozice jsou udržovány v `AOITracer`, které obsahuje pole `AOIRectangle` objektů. Při změně parametrů v textových polích je z procesu vynechán `AOIRectangleDecorator` a změny putují rovnou z `MainViewModel` do `AOITracerViewModel`. Když je video přehráváno, `MainViewModel` automaticky při každém snímku nastavuje určené pozice oblasti v `MainWindow`, které získá z `AOITracerViewModel`, zavoláním funkce `SetRectangle()` `AOIRectangleDecorator`.

Tento proces je pro lepší pochopitelnost znázorněn pomocí diagramu v Obrázek 12.



Obrázek 12: Proces uložení oblasti zájmu.

Export pozic oblasti zájmu

Export zajišťuje třída AOITracerViewModel, která poskytuje statickou metodu pro vytvoření XML struktury ze všech pozic oblasti uložených v AOITracer. Po příkazu zadaným uživatelem se ho MainViewModel už jen dotáže po této struktuře a celé XML zabalí do souboru projektu přidáním několika elementů. Struktura poté vypadá následovně:

<Project> - kořenový element, obsahuje všechny ostatní elementy

<PathToVideoSource> - element obsahující název souboru videozáznamu

<AOIRectangles> - obsahuje všechny pozice oblasti zájmu

<AOIRectangle> - reprezentuje oblast zájmu v jednom snímku a udává její parametry

pomocí atributů:

- Height – výška oblasti zájmu
- Width – šířka oblasti zájmu
- X – pozice oblasti v x-ové ose daného snímku
- Y – pozice oblasti v y-ové ose daného snímku

- frameID – číslo snímku, pro který je daná pozice platná

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Project>
  <PathToVideoSource>treman_test1.avi</PathToVideoSource>
  <AOIRectangles>
    <AOIRectangle Height="100" Width="100" X="0" Y="0" frameID="0" />
    <AOIRectangle Height="29" Width="29" X="122" Y="119" frameID="1"/>
    .....
  
```

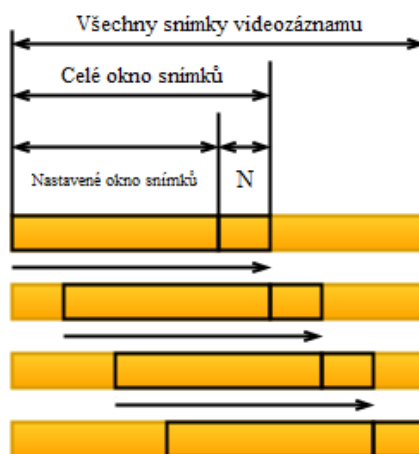
Obrázek 13: Ukázka struktury XML souboru projektu.

4.3 Měření frekvence

V této kapitole je popsána implementace výpočtu frekvence, provedená na základě navrhovaného řešení v kapitole 3.4.

Hlavní třídou, kontrolující průběh měření frekvence je MainViewModel. Ta vytváří pole vláken, které bude paralelně snímky analyzovat (počet vláken může nastavit uživatel v závislosti na výkonu svého počítače, ve výchozím nastavení zpracovávají snímky 4 vlákna).

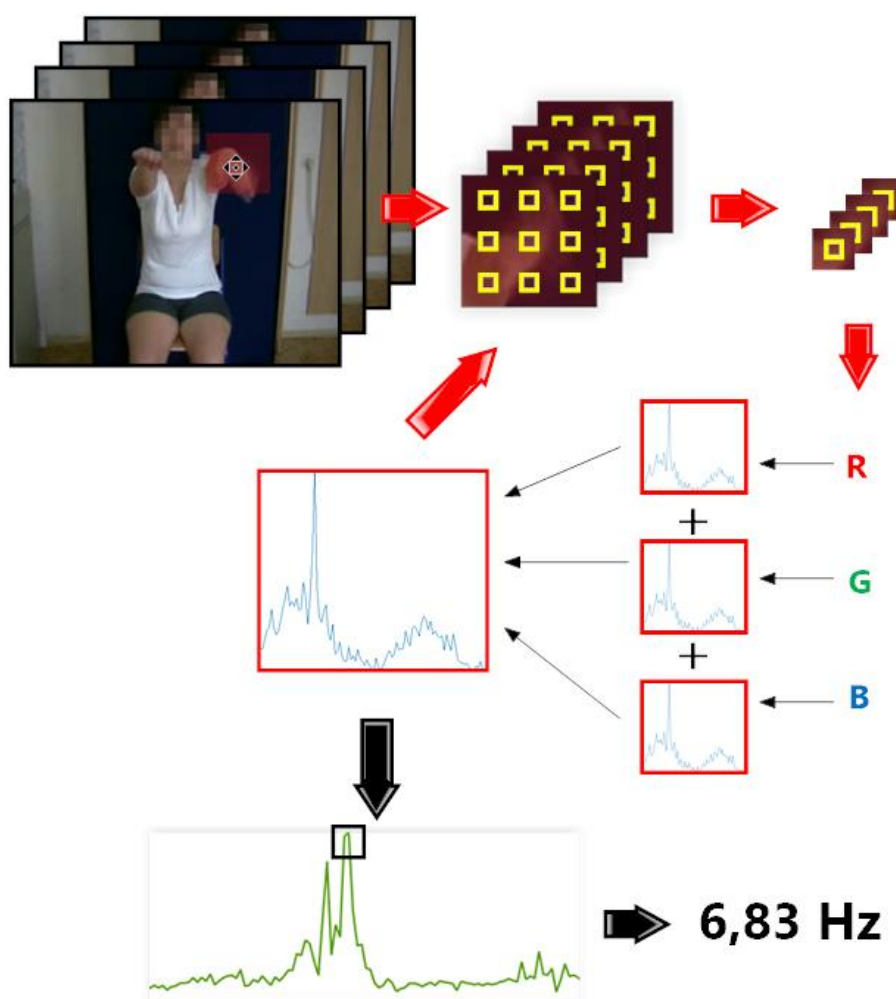
V první řadě je načteno pomocí Reader počáteční okno snímků o velikosti okna nastaveného uživatelem + N (počet paralelních vláken). Každé vlákno posílá okno o nastavené velikosti (od jiného počátečního snímku po jiný koncový snímek než ostatní) nové instanci AOIAnalyzer, který jej analyzuje a výsledná data uchovává.



Obrázek 14: Posun okna snímků.

Poté, co všechna vlákna skončí svou práci, je odebráno N snímků ze začátku okna a N následující snímků v sekvenci přidáno na konec. Následně se proces opakuje tolikrát, dokud pozice snímku není rovna délce videa minus velikost okna (dále už není dostatek snímků pro analýzu). Tento způsob urychluje průběh měření, protože načítání celého okna znovu při každé iteraci by trvalo velmi dlouho.

Na následujícím obrázku (Obrázek 15) je znázorněn průběh výpočtu, který provádí třída AOIAnalyzer nad každým oknem snímků poslaným z MainViewModel.



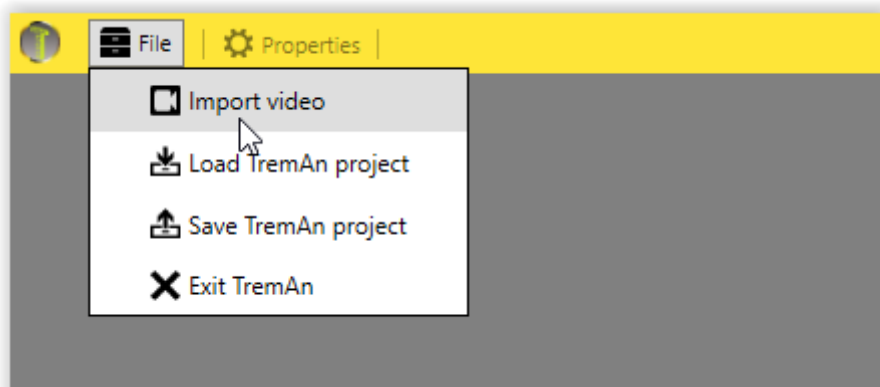
Obrázek 15: Algoritmus pro výpočet třesu (třída AOIAnalyzer).

5 Uživatelská dokumentace

V této kapitole je popsána práce s aplikací a její vlastnosti pro budoucí uživatele. Z důvodu plánovaného využití této aplikace zahraničním ICM institutem je přiložena uživatelská dokumentace v anglickém jazyce.

5.1 Import videozáznamu

Videozáznam lze jednoduše importovat výběrem *Import video* z *File* menu aplikace nebo po kliknutí na tlačítko *Play*, není-li žádný záznam zatím naimportován. Poté může uživatel označit potřebný video soubor v dialogovém okně a kliknutím na tlačítko *Open* bude videozáznam importován. Délka videozáznamu musí být větší než velikost nastaveného analyzačního okna. TremAn podporuje širokou škálu formátů videozáznamu, zahrnující ty nejběžněji používané, jako jsou mp4, avi, wmv nebo mkv.



Obrázek 16: Import videozáznamu.

5.2 Práce s videozáznamem

Pro práci s videozáznamem slouží 2 posuvníky ve spodní části aplikace a několik tlačítek v liště nad posuvníky. V této liště se také nacházejí informace o uběhnutém čase videozáznamu a pozici aktuálního snímku.

Kontrola přehrávání a posun ve videozáznamu

Přehrávání je možné kontrolovat třemi tlačítky, *Play* (pro spuštění přehrávání), *Pause* (pro pozastavení přehrávání) a *Stop* (pro zastavení přehrávání a posun na začátek videozáznamu).

Tlačítka *Next frame* a *Previous frame* umožňují pohyb o snímek vpřed či zpět.

Posouvat se ve videozáznamu lze také pomocí prvního posuvníku s jedním jezdcem, třemi způsoby:

1. použitím myši (kliknutím a tažením jezdce nebo kliknutím na určitou část posuvníku)
2. použitím klávesových šipek o snímek vpřed (šipky vpravo a nahoru) či zpět (šipky vlevo a dolů)
3. použitím kolečka myši při najetí na posuvník

Ořezání videozáznamu

K ořezání videozáznamu slouží druhý posuvník. Oblast mezi jeho jezdcí určuje šířku videozáznamu. Tu lze libovolně zmenšovat a zvětšovat posouváním jezdce myší. Délka videozáznamu a velikost prvního posuvníku se automaticky upraví při každé změně.

Ve výchozím nastavení je ořezávání videa uzamčeno. Lze ho odemknout/zamknout pomocí přepínacího tlačítka *Crop video* napravo od tlačítek pro kontrolu přehrávání videozáznamu.



Obrázek 17: Prvky pro práci s videozáznamem.

5.3 Výběr oblasti zájmu

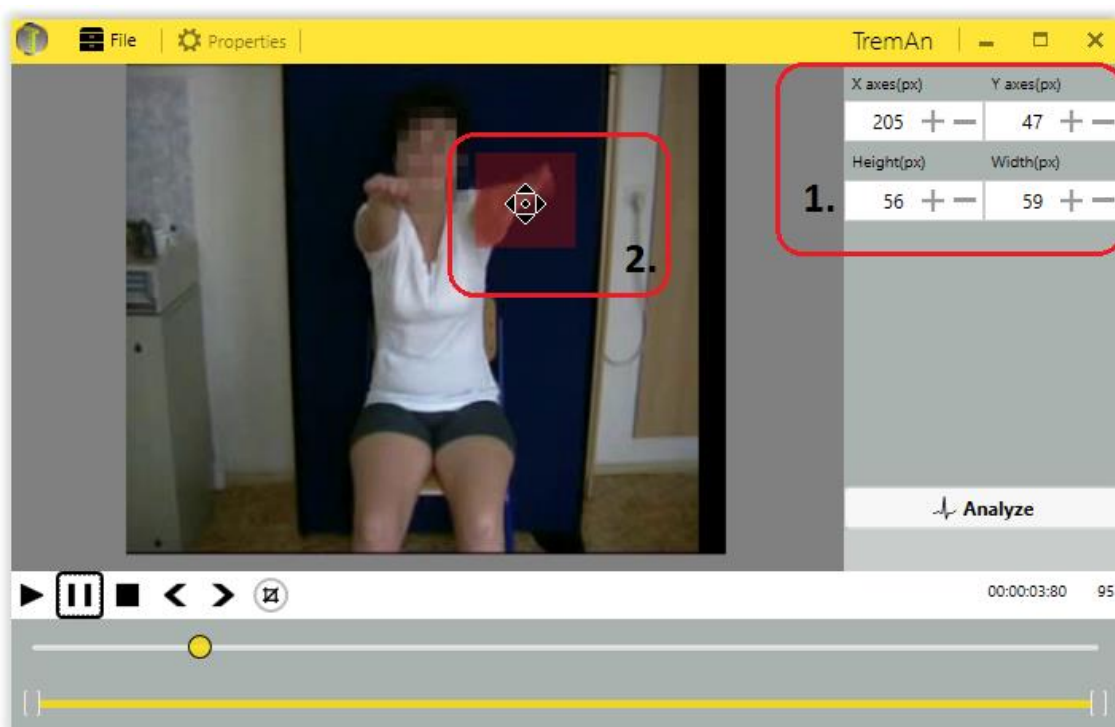
Poté, co byl videozáznam importován, objeví se jeho první snímek s oblastí zájmu, ve výchozí pozici a velikosti, znázorněnou červeným poloprůhledným obdélníkem. Oblast zájmu je taková část videozáznamu (nebo snímku videozáznamu), ze které bude

měření frekvence prováděno. Lze měnit parametry této oblasti (pozici a velikost). Toho může být dosaženo dvěma způsoby:

1. Změnou hodnot v textových polích pomocí tlačítek plus a mínus v pravém panelu svázaných s parametry oblasti zájmu.
2. Pomocí myši, kdy lze měnit pozici oblasti kliknutím na její příslušnou část, její tělo, pravým tlačítkem a tažením. Stejným způsobem lze měnit i její velikost. Buď roztažením jednotlivých stran kliknutím na příslušný okraj oblasti zájmu, nebo roztažením celé oblasti za její rohy. Po najetí myši se mění její kurzor podle akce, kterou v této části oblasti zájmu můžete provést.

Každá změna parametrů oblasti zájmu je zaznamenávána v pozici videozáznamu, ve které byla provedena.

Poté se automaticky mění uložené parametry oblasti při posunu videozáznamu.



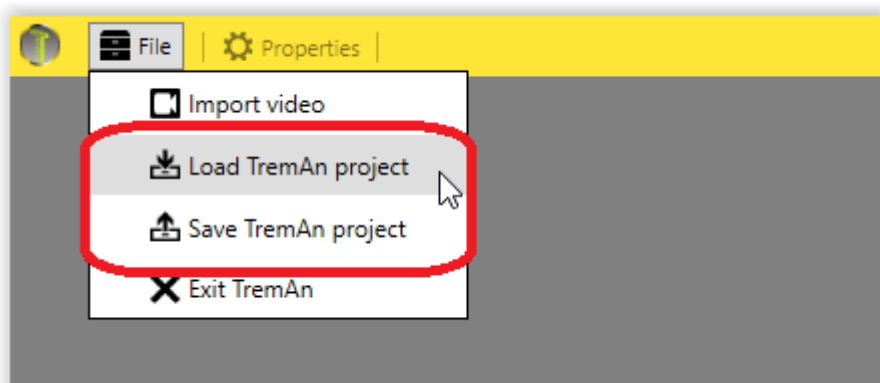
Obrázek 18: Změna parametrů oblasti zájmu.

5.4 Ukládání a nahrávání

Projekt s připraveným videozáznamem a parametry oblasti zájmu může být uložen výběrem *Save TremAn project* z *File* menu. Soubor projektu se automaticky uloží do adresáře, kde se nachází videozáznam, s názvem ve formátu

NázevVideozáznamu_Rok_Měsíc_Den_HodinaMinutaSekundaMilisekunda a příponou *.trmn*.

Načtení lze provést výběrem *Load TremAn project*. Při načítání projektu je třeba dbát na to, zda se videozáznam, který je s ním svázaný, nachází ve stejném adresáři jako soubor projektu.



Obrázek 19: Nahrání a uložení projektu.

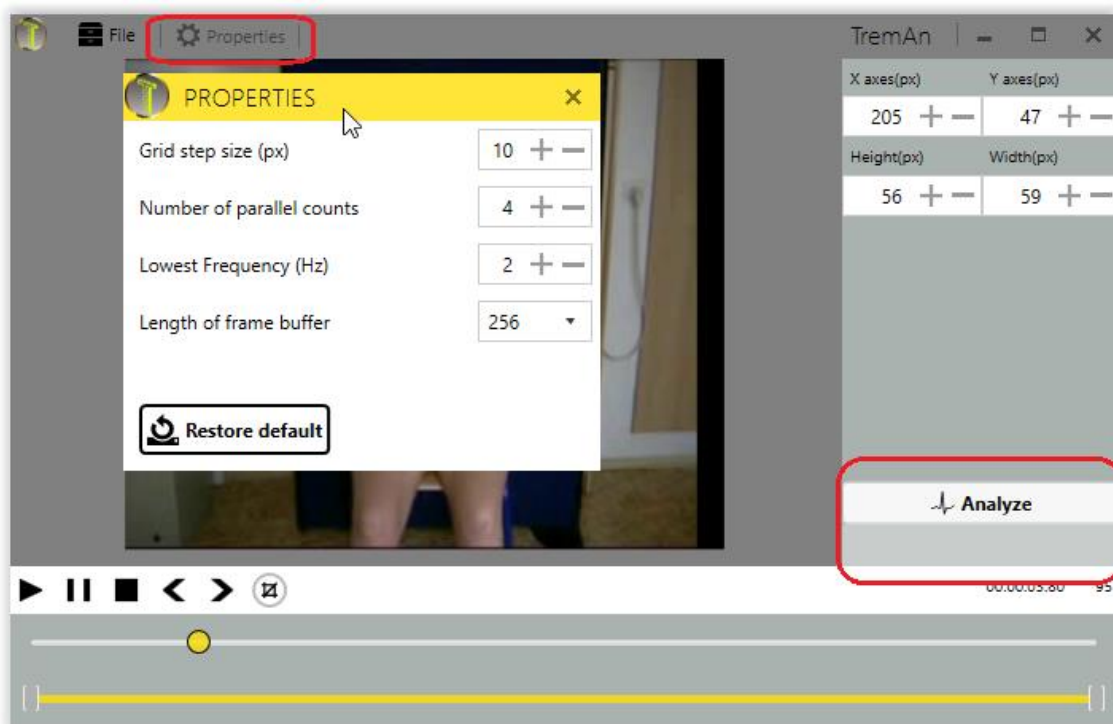
5.5 Měření frekvence třesu

Před zahájením samotného měření lze upravit jeho parametry v novém okně, které se zobrazí po kliknutí na tlačítko *Properties* vlevo v horní liště hlavního okna.

Parametry, které lze upravit:

1. Velikost rozestupu bodů v mřížce – *Grid step size* v pixelech. Větší hustota bodů zpřesňuje měření, ale může zpomalit jeho rychlost. Ve výchozím nastavení je v mřížce každý desátý pixel.
2. Počet paralelních výpočtů – *Number of parallel counts*. Udává počet vláken, které budou v jednu chvíli paralelně zpracovávat snímky. U vícejaderných procesorů může mít příznivý vliv na rychlost měření. Počet paralelně běžících výpočtů je, ve výchozím nastavení, 4.
3. Nejnižší frekvence – *Lowest frequency* v hertzech. Udává nejnižší hodnotu frekvence, která bude zahrnuta v měření. Výchozí hodnota je 2 Hz.
4. Velikost analyzačního okna – *Length of frame buffer*. Udává počet snímků použitých k sestavení signálu třesu. Možné velikosti okna jsou 64, 128 a 256 snímků. Jeho změna má vliv na rychlost a přesnost měření. Výchozí hodnota je 256 snímků.

Změna se automaticky ukládá a při příštím spuštění aplikace zůstávají parametry na hodnotách, které zadal uživatel naposledy. K výchozímu nastavení se lze vrátit pomocí tlačítka *Restore default*.



Obrázek 20: Nastavení parametrů měření a průběh měření.

Je-li videozáznam připraven, kliknutím na tlačítko *Analyze*, v pravém panelu hlavního okna, zahájíme měření. Jeho průběh je možné sledovat na ukazateli pod tímto tlačítkem. Konec měření nastává ve chvíli, kdy už není dostatečný počet snímků potřebných pro analýzu. Má-li tedy videozáznam např. 1000 snímků, je jich analyzováno 1000 – velikost analyzačního okna.

5.6 Práce s výsledky měření

Po skončení měření jsou výsledky zobrazeny v novém okně pomocí grafů.

Graf *Frequency analysis* zobrazuje výkonové spektrum signálu získaného z analyzačního okna od určitého snímku. Při posunu ve videozáznamu se v grafu zobrazuje výkonové spektrum snímku na dané pozici.

Graf *Frequency progress* zobrazuje naměřené frekvence napříč měřenou částí videozáznamu.

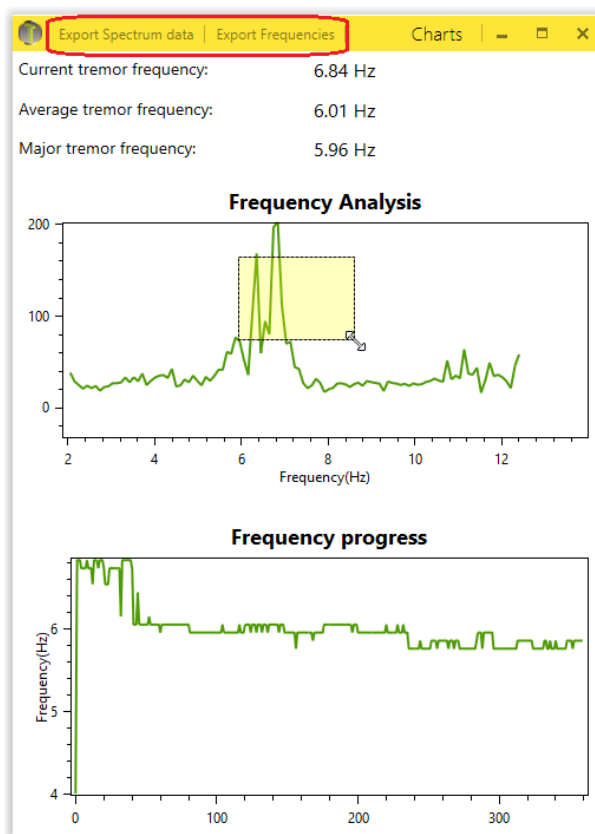
V grafu lze:

- Zobrazit hodnoty (u prvního grafu hodnota výkonového spektra a frekvence, u druhého frekvence a číslo snímku) v daném bodě kliknutím na část křivky levým tlačítkem
- Posouvat se po osách držetím pravého tlačítka a tažením příslušným směrem
- Přibližovat a oddalovat celý graf točením kolečka myši
- Označit a přiblížit určitou část grafu držetím a táhnutím kolečka myši
- Dvojklikem kolečka myši vrátit graf do výchozího zobrazení

V okně jsou dále vypsané informace o hodnotě frekvence třesu naměřené na stávající pozici a o rozsahu všech frekvencí, které byly naměřeny ve videozáznamu.

Tyto výsledky je možné exportovat do textového souboru (do zvolené lokace na pevném disku a pod libovolným názvem) kliknutím na jedno z příslušných tlačítek v horní liště okna:

- *Export spectrum data* pro export výsledných spekter pro všechny snímky
- *Export frequencies* pro export naměřených frekvencí v záznamu



Obrázek 21: Okno s grafy a výslednými hodnotami.

6 Testování

Pro účely testování byl natočen videozáznam o délce 35 vteřin, během kterého byla měřena frekvence třesu pomocí akcelerometru. V této kapitole jsou uvedené výsledky z obou metod měření.

6.1 Videozáznam

U výsledků pořízených aplikací velmi záleží na nastavení parametrů měření. V tomto případě byla velikost okna nastavená na 256 snímků a rozestup bodů v mřížce 7 pixelů.

Výsledky během 5, 10, 15, 20 a 25 vteřin videozáznamu jsou uvedeny v tabulce níže (Tabulka 1). Jedná se o průměrné hodnoty vypočítané ze všech naměřených v jednotlivých časových úsecích.

Časový úsek	Průměrná frekvence	Směrodatná odchylka
5 vteřin	5,83 Hz	0,142
10 vteřin	5,48 Hz	0,621
15 vteřin	5,25 Hz	0,702
20 vteřin	5,08 Hz	0,710
25 vteřin	5,02 Hz	0,672

Tabulka 1: Výsledek videozáznam.

6.2 Akcelerometr

Pro měření byl využit bezdrátový akcelerometr Xsens MTw Awinda, připevněný k ruce měřeného objektu (Obrázek 22), který byl připojen pomocí miniaturního usb přijímače k počítači. Pro čtení hodnot akcelerace byl potřeba software, který poskytuje výrobce a umožňuje výsledná data, ve formě 3 vektorů (osa X, Y a Z), exportovat do textového souboru pro další zpracování v prostředí Matlab.

Výpočet frekvence poté probíhá podobně jako v případě jednorozměrného signálu u videozáznamu. Z každého vektoru je vytvořeno jeho výkonové spektrum (Rovnice 2). Tyto spektra jsou následně sečtena a reprezentována ve frekvenční doméně definované vypočteným frekvenčním vektorem (Rovnice 3), kde vzorkovací frekvence signálu je v tomto případě rovna 100 Hz. Největší pík poté označuje průměrnou frekvenci třesu.

Průměrné výsledky naměřené v jednotlivých časových úsecích jsou uvedené v tabulce níže (Tabulka 2).

Časový úsek	Průměrná frekvence	Směrodatná odchylka
5 vteřin	5,21 Hz	2.400×10^{-14}
10 vteřin	4,95 Hz	0,050
15 vteřin	4,94 Hz	0,088
20 vteřin	4,97 Hz	0,082
25 vteřin	4,96 Hz	0,078

Tabulka 2: Výsledky akcelerometru.



Obrázek 22: Měření pomocí akcelerometru.

7 Diskuze

V rámci této práce byla vytvořena aplikace, která dává uživateli možnost nahrát videozáznam, připravit ho pro analýzu jeho ořezáním a posouváním, ukládat pozice oblasti zájmu, měřit frekvenci třesu, prohlížet výsledky a exportovat je. Aplikace má jednoduché uživatelské rozhraní pro snadnou práci a orientaci. Využívá technologií, které jí umožňují fungovat na současných i starších verzích operačního systému Windows.

Je možné, že v budoucnu bude potřeba rozšířit aplikaci o nové funkce nebo její stávající funkce vylepšit. Funkcí, která by mohla být upravena, je přehrávání videozáznamu. To by bylo dobré v budoucnu přesunout do samostatného vlákna a tím ještě zvýšit rychlost aplikace. Za úpravu by také stál samotný algoritmus měření, který by mohl být ještě vylepšen nějakým typem filtru, aby měření bylo přesnější. Další možností je implementace postupného posouvání oblasti zájmu z jedné pozice na druhou, u této funkce by mohlo být využito lineární interpolace. Díky strukturovanosti a modulárnosti aplikace budou tyto úpravy mnohem jednodušší.

Porovnání přesnější metody pomocí akcelerometrů s měřením z videozáznamu ukázalo, že výsledné hodnoty se mohou více či méně lišit. U testovacího videozáznamu se v určitých částech liší dokonce o 0,6 Hz, ovšem průměrná hodnota v celém videozáznamu již jen o necelých 0,1 Hz. Tyto odchylky mohou být způsobeny nekvalitním nahráním videozáznamu (např. roztřesená kamera) nebo špatnými podmínkami při jeho natáčení (velké změny světla v průběhu videozáznamu). Proto by bylo dobré nahrávat videozáznam v prostředí s konstantním osvětlením a kamerou připevněnou na stativu.

8 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit aplikaci pro měření frekvence třesu z videozáznamu, schopnou načíst a oříznout videozáznam, ve kterém umožní označit oblast zájmu, jejíž pozice bude možné měnit v jeho průběhu. Tyto pozice mají být uloženy a načteny pro konkrétní videozáznam a výpočet frekvence neovlivněn měnící se pozicí oblasti zájmu. Aplikace má reprezentovat výsledky pomocí grafů a umožnit jejich export do souboru.

Všech bodů zadání bylo dosaženo důkladnou analýzou požadovaných funkcí a sestavením návrhu aplikace, s použitím několika UML diagramů, a algoritmu výpočtu na jehož základě byla vytvořena desktopová aplikace, která je napsána v jazyce C# a běží na platformě .NET. Využívá technologie WPF, která umožnila tvorbu uživatelsky přívětivého grafického rozhraní a funkci aplikace na současných verzích operačního systému Windows. Díky implementaci architektonického návrhového vzoru MVVM je aplikace modulární, tím je zdrojový kód aplikace přehlednější a usnadňuje její další úpravy.

Výsledky měření třesu aplikací, byly také testovány v porovnání s přesnější metodou měření pomocí akcelerometrů, kde byly pozorovány očekávané odchylky, protože obrazové podmínky ve videozáznamu nemusí být vždy přívětivé.

V této chvíli se plánuje nasazení aplikace do zkušebního provozu v ICM institutu v Paříži, kde by měla pomoci při měření třesu u opic postižených Parkinsonovou chorobou. Je také možné využít aplikaci při měření třesu u lidí.

V budoucnu je plánováno přidání několika rozšiřujících funkcí a na základě zpětné vazby uživatelů bude aplikace dále upravována.

Seznam použité literatury

- [1] UHRÍKOVÁ, Zdenka, Evzen RŮZICKA, Václav HLAVÁČ a Chris D NUGENT. TremAn: a tool for measuring tremor frequency from video sequences. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society* [online]. 2010, roč. 25, č. 4, s. 504–6 [vid. 14. květen 2016]. ISSN 1531-8257. Dostupné z: doi:10.1002/mds.22904
- [2] NATIONAL INSTITUTE OF NEUROLOGICAL DISORDERS AND STROKE. *Multiple System Atrophy - tremor_FS.pdf* [online]. 2012 [vid. 28. duben 2016]. Dostupné z: http://www.ninds.nih.gov/disorders/tremor/tremor_FS.pdf
- [3] NATIONAL TREMOR FOUNDATION. *Types of Tremor* [online]. [vid. 29. duben 2016]. Dostupné z: <http://www.tremor.org.uk/types-of-tremor.html>
- [4] PUSCHMANN M.D., Andreas a Zbigniew K. WSZOLEK M.D. *Diagnosis and Treatment of Common Forms of Tremor* [online]. [vid. 28. duben 2016]. Dostupné z: http://www.medscape.com/viewarticle/739106_4
- [5] BÖTZEL, K, V TRONNIER a T GASSER. *Deutsches Ärzteblatt: The Differential Diagnosis and Treatment of Tremor (28.03.2014)* [online]. 2014 [vid. 29. duben 2016]. Dostupné z: <http://www.aerzteblatt.de/int/archive/article?id=157220>
- [6] MERELLO M.D., Marcelo a David John BURN M.D. *Parkinson's Disease & Parkinsonism* [online]. [vid. 30. duben 2016]. Dostupné z: <http://www.movementdisorders.org/MDS/About/Movement-Disorder-Overviews/Parkinsons-Disease--Parkinsonism.htm>
- [7] NATIONAL INSTITUTE OF NEUROLOGICAL DISORDERS AND STROKE. *NINDS | Parkinson's Disease Information Page* [online]. [vid. 30. duben 2016]. Dostupné z: http://www.ninds.nih.gov/disorders/parkinsons_disease/parkinsons_disease.htm
- [8] PARKINSON'S DISEASE FOUNDATION. *Primary Motor Symptoms - Parkinson's Disease Foundation (PDF)* [online]. [vid. 3. květen 2016]. Dostupné z: http://www.pdf.org/symptoms_primary
- [9] PETZINGER, Giselle M., Beth FISHER, Elizabeth HOGG, Avery ABERNATHY, Pablo AREVALO, Kerry NIXON a Michael W. JAKOWEC. Behavioral Motor Recovery in the 1-Methyl-4-Phenyl-1,2,3,6-Tetrahydropyridine-Lesioned Squirrel Monkey (*Saimiri sciureus*): Changes in Striatal Dopamine and Expression of Tyrosine Hydroxylase and Dopamine Transporter Proteins. *Journal of neuroscience research* [online]. 2006, roč. 83, s. 332–347. Dostupné z: doi:10.1002/jnr
- [10] MICROSOFT. *The MVVM Pattern* [online]. [vid. 8. květen 2016]. Dostupné z: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh848246.aspx?f=255&MSPPErr=-2147217396>
- [11] NAIK, Kanchan. *Design Patterns in .Net* [online]. [vid. 18. květen 2016]. Dostupné z: <http://www.c-sharpcorner.com/UploadFile/bd5be5/design-patterns-in-net/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pozorování vývoje Parkinsonovy choroby na opicích.	16
Obrázek 2: Předchozí verze TremAn.	17
Obrázek 3: MVVM návrhový vzor.	19
Obrázek 4: Use case diagram aplikace.	22
Obrázek 5: Stavový diagram aplikace.	24
Obrázek 6: Návrh uživatelského prostředí hlavního okna	25
Obrázek 7: MVVM návrh tříd pro grafy.	26
Obrázek 8: Diagram třídy implementující Singleton.[11]	27
Obrázek 9: Sběr signálu napříč oknem snímků videozáznamu.	28
Obrázek 10: Ukázka výsledného spektra v prostředí Matlab.	29
Obrázek 11: Class diagram komponent View.	31
Obrázek 12: Proces uložení oblasti zájmu.	33
Obrázek 13: Ukázka struktury XML souboru projektu.	34
Obrázek 14: Posun okna snímků.	34
Obrázek 15: Algoritmus pro výpočet třesu (třída AOIAalyzer).	35
Obrázek 16: Import videozáznamu.	36
Obrázek 17: Prvky pro práci s videozáznamem.	37
Obrázek 18: Změna parametrů oblasti zájmu.	38
Obrázek 19: Nahrání a uložení projektu.	39
Obrázek 20: Nastavení parametrů měření a průběh měření.	40
Obrázek 21: Okno s grafy a výslednými hodnotami.	41
Obrázek 22: Měření pomocí akcelerometru.	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky videozáznam.	42
Tabulka 2: Výsledky akcelerometr.	43

Seznam rovnic

Rovnice 1: Diskrétní Fourierova transformace.	28
Rovnice 2: Výpočet spektra signálu.	28
Rovnice 3: Výpočet frekvenčního vektoru.	29

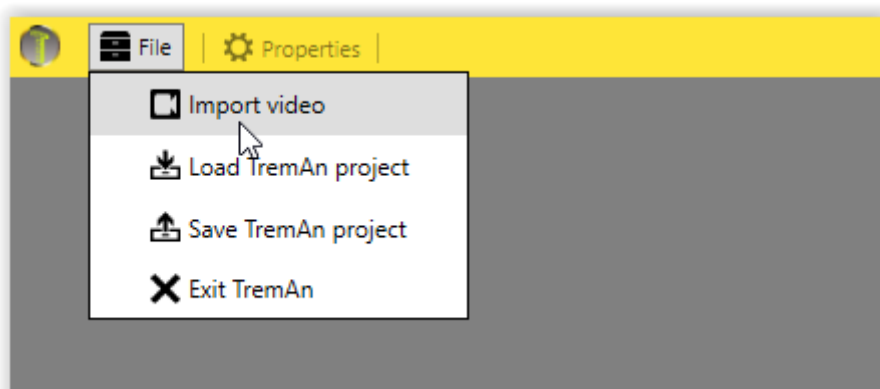
Seznam příloh

Příloha 1: User documentation.....	51
------------------------------------	----

Příloha 1: User documentation

Importing a video record

A video record can be simply imported choosing *Import video* from *File* menu in the application toolbar or by clicking the *Play* button, when any other video record has not been imported yet. Then user chooses a video file using open file dialog and import it by clicking the *Open* button. Length of the video record has to be longer than size of the analyzation window, which was set. TremAn supports a wide range of video formats, including the most common ones, like mp4, avi, wmv or mkv.



Working with the video record

Two sliders in the lower side of the application and several buttons in the toolbar above them can be used for working with the video record. The information about elapsed time of the video record and position of current frame is displayed in this toolbar as well.

Controlling and seeking the video record

Playing the video can be controlled using 3 buttons, *Play* (to start playing), *Pause* (to pause playing) and *Stop* (to stop playing and seek to start of the sequence).

Next frame and *Previous frame* buttons serve to seek one frame forward or backward.

To seek in the video record a first slider can be used three different ways:

1. using a mouse (dragging and dropping thumb or clicking a certain part of the slider)
2. using the arrow keys to forward by one frame (right and up arrows) or backward (left or down arrows)
3. using a mouse wheel on slider hover

Cropping the video record

Second slider serves for the video cropping. Range between its thumbs defines length of the video record. It can be shortened or extended by moving the sliders thumbs.

Length of the video record and size of the first slider are automatically edited after every change. Cropping the video is locked in default. It can be unlocked/locked by toggling the *Crop video* button on the right side of the video control buttons.

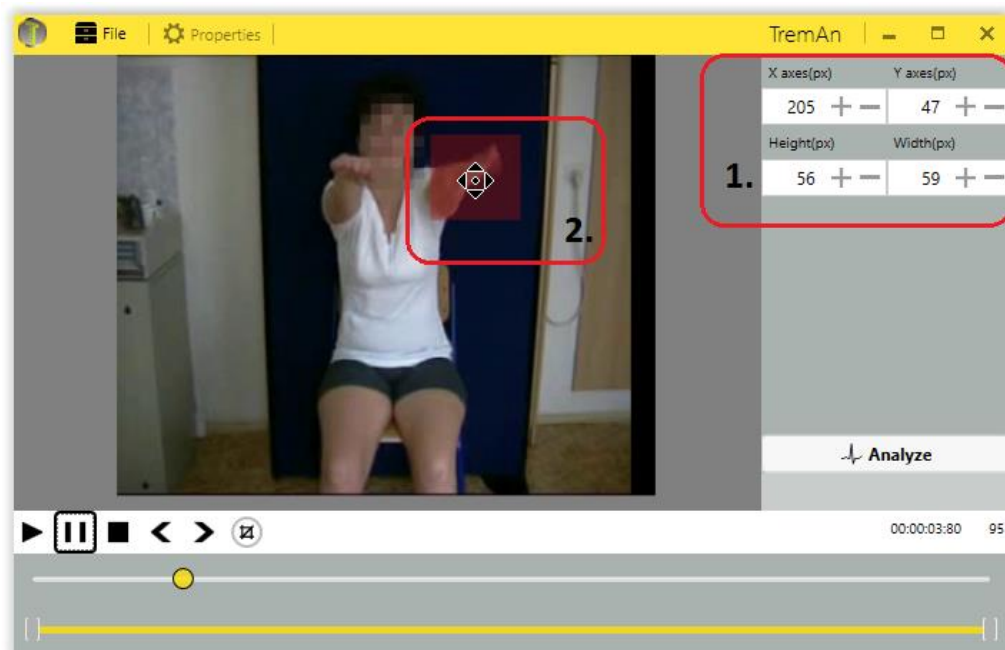


Choosing area of interest

After the video record has been imported, first frame and the area of interest with default position and size, shown as a half-transparent red rectangle, appears. The area of interest is a part of the video record (or video frame) which is used for the frequency measuring. The parameters of this area (position and size) can be changed in two ways:

1. By changing values in text fields in right panel using plus and minus buttons binded to these parameters
2. Using a mouse by changing position with dragging and dropping area for its body or resize it dragging and dropping for its corners. A mouse cursor is changing on area hover to actions that can be perform at its part.

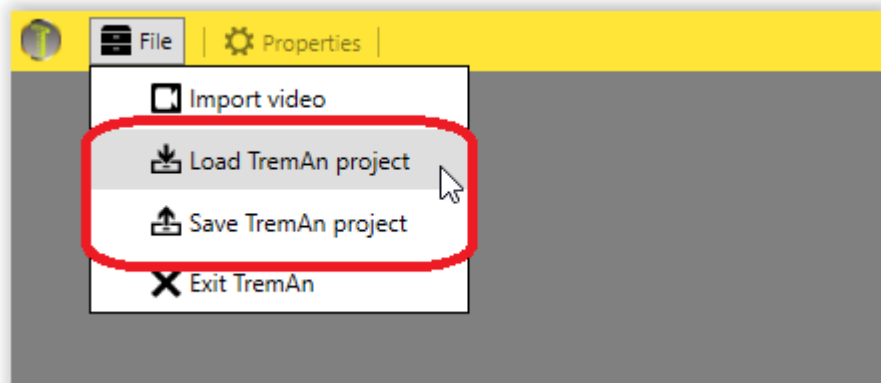
Every change of the parameters is recorded at videosequence position where was performed. Than saved parameters are automatically changing with the video seeking.



Saving and loading

A project with the prepared video record and the area of interest parameters can be saved choosing *Save TremAn project* in *File* menu. Project file is automatically saved to the directory where the video record is located. Projects file name format is *NameOfVideo record_Year_Month_Day_HourMinuteSecondMilisecond* and extension is *.trmn*.

Loading can be performed choosing *Load TremAn project*. A project file is required to be in the same location as binded video record while loading.



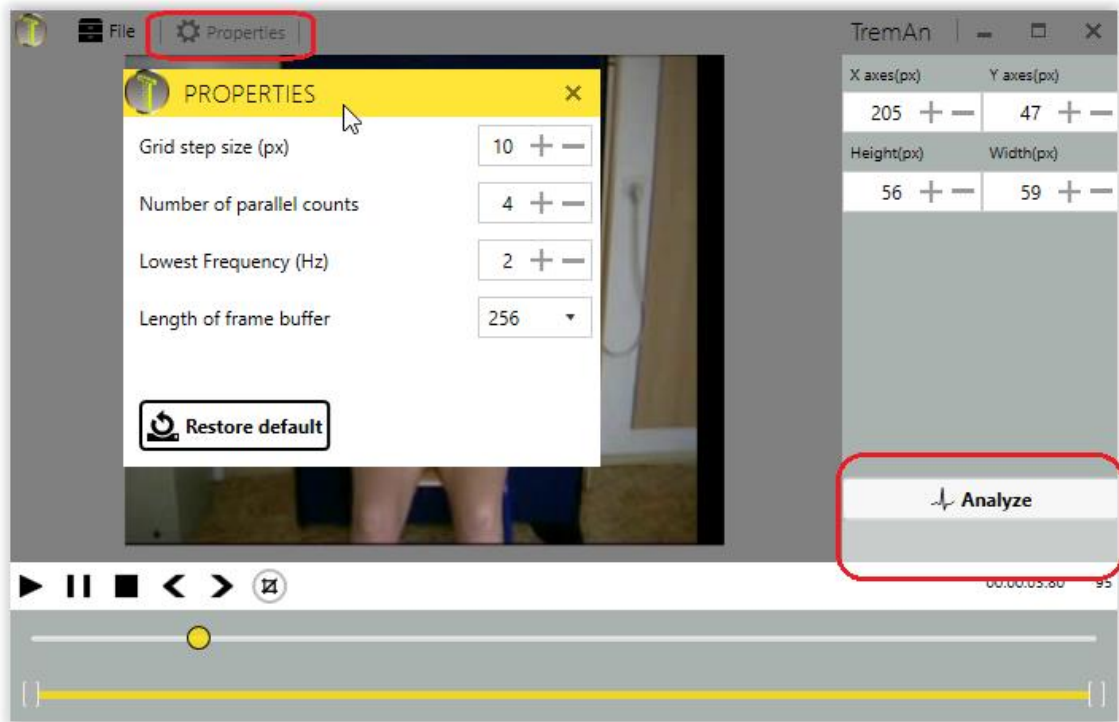
Tremor frequency measuring

Before the start of measurement there is an option to change the parameters of analyzation. After clicking *Properties* in the application toolbar a new window, which offers this option, is shown.

The parameters that can be changed are:

1. Size of step in the analyzation grid – *Grid step size*. Higher density of points means higher precision of the measuring but can make it slower. Every tenth pixel is in the grid as default.
2. Number of threads processing frames – *Number of parallel counts*. This parameter says how many threads will process the frames parallely. Increasing this number can make the measuring faster if the application is running on the computer with multi-core processor. Number of parallel counts is 4 as default.
3. Lowest frequency – *Lowest frequency* in hertz. Only higher values of the frequency will be included in the measuring. Default value is 2 Hz.
4. Size of the analyzation window – *Length of frame buffer*. It is a number of frames, which are used to build the tremor signal. Possible window sizes are 64, 128 and 256 frames. Default value is 256 frames.

Every change is automatically saved. On the next run of the application, the parameters remain on same values which user set last time. By clicking the *Restore default* button all parameters will be set to its defaults.



After the video record is prepared, the measurement can be started by clicking the *Analyze* button in the right panel of main window. A progress of the measuring can be seen on the progress bar under this button.

End of the measurement occurs when there are not enough frames needed for the analyzation. If the video record has for example 1000 frames, a number of the analyzed frames is $1000 - \text{size of the analyzation window}$.

Working with results

After the end of measurement, the results are presented in charts in a new window.

The *Frequency analysis* chart shows a power spectrum of the signal obtained from the analyzation window at certain frame. While seeking in the video record a power spectrum for the current frame is shown.

The *Frequency progress* chart presents all frequencies along the measured part of the video record.

The actions that can be performed with charts:

- Show values (spectrum values and frequencies in the first chart, frequency and the frame number in the second chart) at certain point by left clicking a part of the graph
- Move along the axes dragging and dropping the right mouse button in an appropriate direction
- Zoom in and out the whole graph rolling the mouse wheel
- Select and zoom the certain part of the graph dragging and dropping the mouse wheel
- Double click of the mouse wheel moves the graph back to the default position

There are labels with the frequency for current frame, the average frequency and the major frequency for the whole measurement above charts.

All this results can be exported into the text file (to the selected location on harddrive with the selected name) by clicking one of the appropriate buttons in the chart window toolbar:

- *Export spectrum data* to export the resulted spectrum data for all frames
- *Export frequencies* to export all measured frequencies

