FAKULTA MATEMATIKY FYZIKY A INFORMATIKY UNIVERZITA KOMENSKÉHO

Softvér k optickému spektrometru s web kamerou

zimný semester 2017/2018

Radoslav Hečko  
Daniel Kisel  
Michal Singer  
Michal Plevka

**Obsah**

[1 Špecifikácia vonkajších interfejsov 1](#_Toc499801440)

[2 Formáty súborov 2](#_Toc499801441)

[**2.1** **Export a import kalibračného súboru** 2](#_Toc499801442)

[**2.2** **Export a import snímky zo spektrometra** 2](#_Toc499801443)

[**2.3** **Export a import dát grafu** 2](#_Toc499801444)

[**2.4** **Export obrázka grafu** 3](#_Toc499801445)

[**2.5** **Export a import nastavení kamery spektrometra** 3](#_Toc499801446)

[3 Používateľské rozhranie 4](#_Toc499801447)

[**3.1** **Hlavné zobrazenie** 4](#_Toc499801448)

[**3.2** **Zobrazenie v časti Kamera** 5](#_Toc499801449)

[3.2.1 Zobrazenie v časti Nastavenia kamery 5](#_Toc499801450)

[**3.3** **Zobrazenie v časti Meranie** 7](#_Toc499801451)

[**3.4** **Zobrazenie v časti Kalibrácia** 7](#_Toc499801452)

[**3.5** **Zobrazenie v časti Import** 8](#_Toc499801453)

[**3.6** **Zobrazenie v časti Export** 9](#_Toc499801454)

[4 Návrh implementácie 10](#_Toc499801455)

[**4.1** **Rozdelenie technológií** 10](#_Toc499801456)

[4.1.1 Technológie pre tvorbu programu 10](#_Toc499801457)

[4.1.2 Technológie pre prácu s web kamerou 10](#_Toc499801458)

[4.1.3 Technológie pre tvorbu grafov 10](#_Toc499801459)

[4.1.4 Technológie pre tvorbu používateľského rozhrania 10](#_Toc499801460)

[**4.2** **Triedny diagram** 11](#_Toc499801461)

[4.2.1 Rozdelenie na časti 11](#_Toc499801462)

[4.2.1.1 Grafické rozhranie 11](#_Toc499801463)

[4.2.1.2 Logika aplikácie 12](#_Toc499801464)

[**4.3** **Cieľové prostredie** 13](#_Toc499801465)

# **Špecifikácia vonkajších interfejsov**

**Spektrometer** je zariadenie ktoré cez štrbinu púšťa svetlo, za ňou sa nachádza mriežka, pomocou ktorej je svetlo rozložené na RGB zložky a samotné svetelné zložky zachytáva kamera, ktorá je za mriežkou.

Externé zariadenie, s ktorým aplikácia komunikuje je teda kamera spektrometra.

Zariadenie je pripojené k PC pomocou rozhrania USB 2.0 a komunikuje s ním cez driver,

ktorý sa po prvom pripojení spektrometra sám nainštaluje ( testované na OS Windows ).

Pre komunikáciu medzi aplikáciou a driverom kamery je použitý AForge.NET, čo je open source C# framework.

Pomocou frameworku AForge.NET je možné rozpoznať pripojené kamery a zvoliť si kameru, ktorá bude vstupným zariadením aplikácie. Taktiež umožňuje prístup ku funkciám snímania obrázka, alebo sekvencie obrázkov

aj nastaveniam kamery, ktoré kamera podporuje, ako napr.: k integračnej dobe – akumulácie náboja, rozlíšeniu snímky, zoomu, a ďalším ( Katalóg požiadaviek - 3.1.2.1 ).

Šírka snímky, ktorá sa bude zobrazovať v GUI aplikácie by mala byť na pevno nastavená na 1280px, pretože zmena šírky by znamenala zmenu intenzít RGB zložiek snímky (kvôli driveru kamery spektrometra), nasnímané obrázky je tiež možné vo formáte „.png“ uložiť ( 3.1.2.2 - n) ).

Pre korektné fungovanie grafu aplikácie je potrebná kalibrácia spektrometra, pričom kalibračné body sú uvedené na samotnom zariadení spektrometra, ktoré môže používateľ ručne vložiť do aplikácie ( 3.1.1 - iii. ).

Pre vlastnú kalibráciu spektrometra je možné načítať do aplikácie súbor s kalibračnými údajmi. Jedná sa o „.txt“ súbor, v ktorom sú informácie o kalibrácií zapísané v dvoch stĺpcoch. V prvom stĺpci sú pixely, ku ktorým prislúchajú určité vlnové dĺžky, ktoré sú zapísane v druhom stĺpci súboru, aplikácia daný súbor načíta a pomocou týchto bodov vytvorí kalibračnú parabolu ( 3.1.2.3 – s) ).

Pre plnohodnotnú interakciu medzi používateľom a aplikáciou je potrebné aby aplikácia vedela odchytávať a reagovať na korektné vstupy z klávesnice, alebo kliknutia myši na komponenty v GUI, ktoré sú na to určené.

# **Formáty súborov**

## **Export a import kalibračného súboru**

**Formát:** txt

**Definícia:** Je to dvojstĺpcový textový súbor, kde v každom stĺpci sa nachádza hodnota. V prvom stĺpci je číselná hodnota v pixeloch (x-ová súradnica) v grafe a k nej prislúchajúca číselná hodnota v druhom stĺpci – vlnová dĺžka. Stĺpce sú oddelené medzerou. Súbor sa bude dať importovať aj exportovať v takomto formáte. V prípade exportu sa bude dať súbor uložiť do používateľom zvoleného alebo predvoleného priečinka. V prípade importu si používateľ vyberie súbor cez prehliadač súborov v aplikácii, ktorý má uložený niekde lokálne v počítači. Po úspešnom importovaní aplikácia súbor prečíta a aplikuje nastavenia kalibrácie v kalibračnom súbore v aplikácii.

## **Export a import snímky zo spektrometra**

**Formát:** png

**Definícia:** Snímky nasnímané spektrometrom sa exportujú vo formáte „png“ do používateľom zvoleného alebo predvoleného priečinka. Z pixelov snímky vo formáte „png“ dokážeme získať hodnoty jeho RGB farebných zložiek (červená, zelená, modrá) a pracovať s nimi. Používateľ má možnosť importovať takúto snímku v aplikácii cez prehliadač súborov, načítať ju a zobraziť v aplikácii.

## **Export a import dát grafu**

**Formát:** txt

**Definícia:** Dáta grafu sa budú dať exportovať do textového súboru vo formáte „txt“. Bude sa jednať o súbor rozdelený na tri časti oddelené prázdnym riadkom, kde prvá časť bude reprezentovať krivku pre červenú farebnú zložku, druhá časť pre zelenú farebnú zložku a tretia pre modrú farebnú zložku. Každá časť je formátovaná v dvoch stĺpcoch. V prvom stĺpci bude hodnota vlnovej dĺžky jedného bodu krivky z grafu (reprezentuje x-ovú súradnicu) a v druhom stĺpci bude hodnota intenzity (reprezentuje y-ovú súradnicu) toho istého bodu. Stĺpce sú oddelené medzerou. V prípade exportu si používateľ bude môcť uložiť súbor do zvoleného alebo predvoleného priečinka. V prípade importu si používateľ vyberie takýto súbor cez prehliadač súborov, ktorý má uložený niekde lokálne v počítači.

## **Export obrázka grafu**

**Formát:** png

**Definícia:** Používateľ si bude môcť uložiť obrázok aktuálneho grafu vo formáte „png“ do zvoleného alebo predvoleného priečinka.

## **Nastavenia aplikácie**

**Formát:** txt

**Definícia:** Používateľ si bude môcť exportovať aktuálne nastavenia kamery spektrometra do textového súboru. Nastavenia budú formátované v súbore následovne:

-------Začiatok súboru-------

CameraID:A4 TECH PC Camera H

308:491.607

417:543.36513

625:640.2248

Path: “C:\Program Files\UkladaciPriestor\”

Brightness:10:0

Contrast:0:1

Hue:5:0

Saturation:-2:0

Sharpness:0:1

Gamma:-10:0

White Balance:0:1

Backlight comp:3:0

Gain:1:0

Color Enable:0

PowerLine Frequency:50

Zoom:5:0

Focus:12:0

Exposure:-5:1

Aperture:-1:0

Plan:0:1

Tilt:7:0

Roll:5:0

PowerLine Frequency:1

-------Koniec súboru-------

Súbor je rozdelený na 3 časti. Každá časť je oddelená prázdnym riadkom. V prvej časti sa nachádza „CameraID“, čo je názov (ID) naposledy použitej kamery v aplikácii. Nasledujúce tri riadky určujú kalibráciu kamery, ktorá sa zadáva pri prvom spustení aplikácie. A posledný riadok v tejto časti určuje predvolenú cestu pre export súborov.

V druhej časti budú nastavenia „Video Proc Amp“ (viď obr. 3 v časti 3.2.1). Táto časť bude mať následovný formát. Prvých deväť nastavení v tejto časti bude mať formát: „názov:hodnota:auto“ („názov“ je názov nastavenia, „hodnota” je číslo z intervalu, „auto“ je boolean s hodnotou 1 (true) alebo 0 (false)). Každé z týchto nastavení bude v samostatnom riadku. Za nimi budú posledné dve nastavenia, každé v samostatnom riadku, pričom prvé (ColorEnable) bude mať formát: „názov:hodnota“ („názov” je názov nastavenia, „hodnota” je boolean (1 alebo 0)) a druhé nastavenie (PowerLine Frequency) bude mať formát: „názov:hodnota“ ((„názov” je názov nastavenia, „hodnota” je počet hertzov) .

Tretia časť „Camera Control“ (viď obr. 4 v časti 3.2.1) bude mať následovný formát. Prvých sedem nastavení v tejto časti bude mať formát: „názov:hodnota:auto“ („názov“ je názov nastavenia, „hodnota” je číslo z intervalu, „auto“ je boolean s hodnotou 1 (true) alebo 0 (false)). Za nimi bude posledné nastavenie (PowerLine Frequency) a bude mať formát: „názov:hodnota“ ((„názov” je názov nastavenia, „hodnota” je boolean s hodnotou 1 alebo 0). Každé z týchto nastavení v druhej časti bude v samostatnom riadku.

# 

# **Používateľské rozhranie**

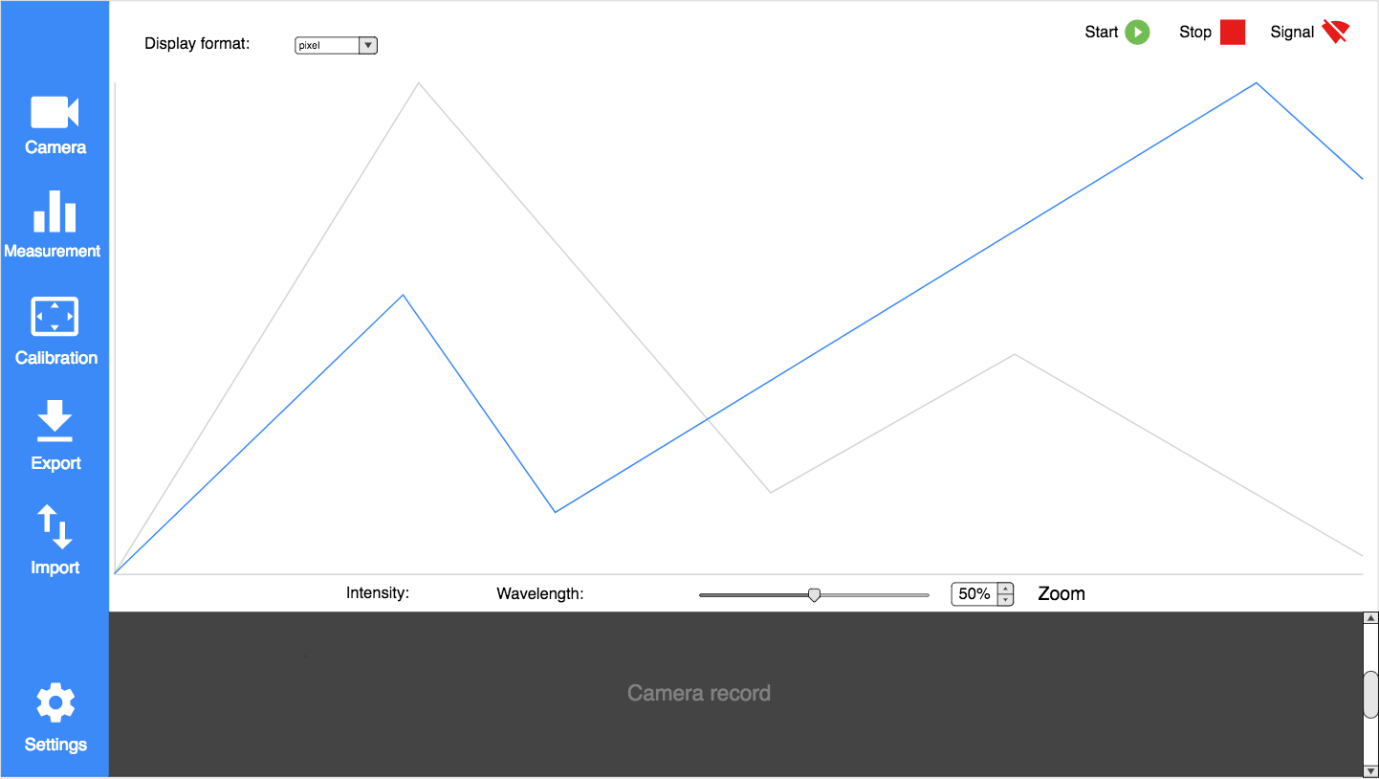
## **Hlavné zobrazenie**

Hlavný program zobrazuje bočný panel s navigáciou (menu), RGB graf, nasnímaný záznam z kamery (Camera record) vertikálne posúvateľný, možnosti prepájania medzi pixelmi a nanometrami pomocou select boxu (Display format). Možnosti na spúšťanie alebo zastavenie snímania tlačidlá Start, Stop v pravom hornom rohu. V pravom hornom rohu je okrem iného aj signalizácia stavu pripojenia kamery označenie Signal. Zobrazuje stav pripojenia kamery - zelené svetlo pripojená, červené svetlo neúspešné pripojenie kamery. Pomocou navigácie sa používateľ vie dostať k iným častiam programu, ktoré ponúkajú rozšírenú funkcionalitu.

Časti navigácie:

* Kamera
* Merania
* Kalibrácia
* Export
* Import
* Nastavenia kamery

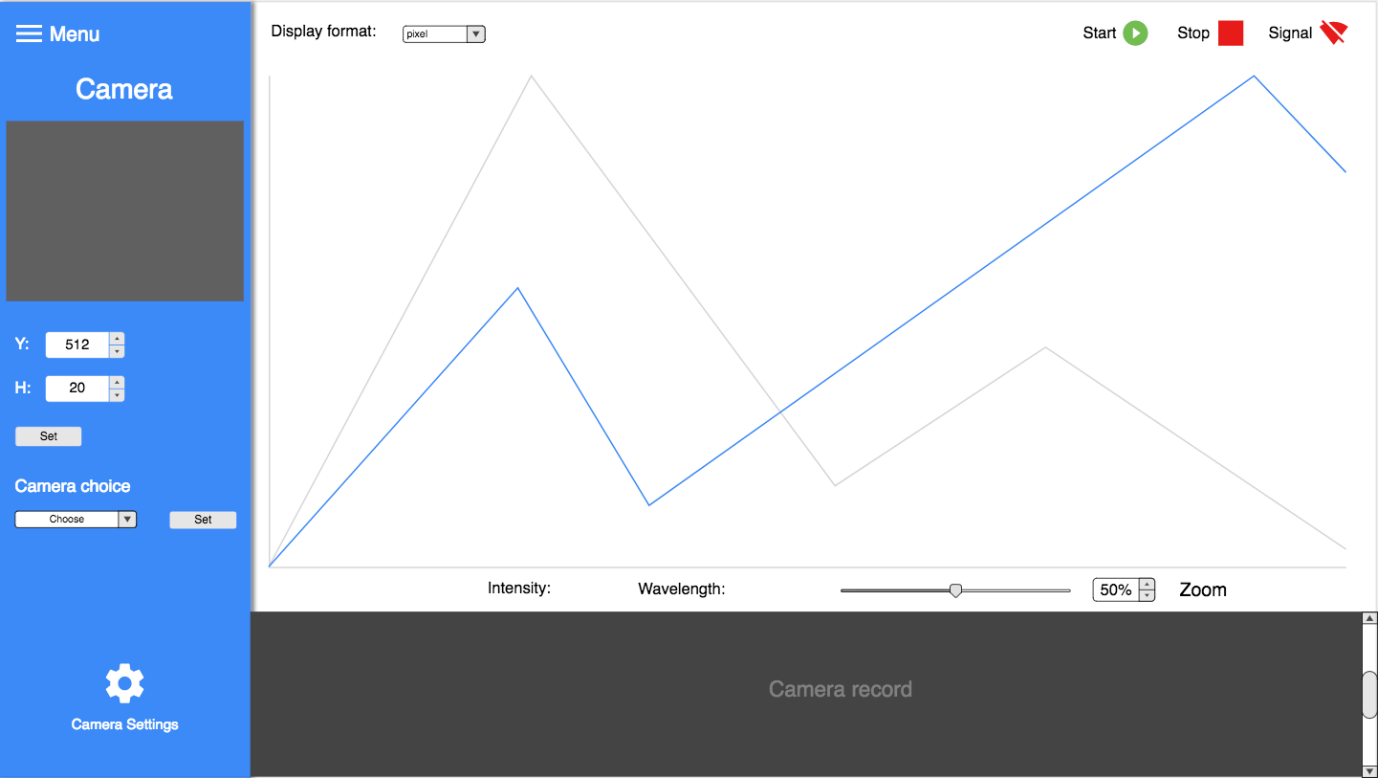
Kliknutím na niektorý z odkazov v menu sa zobrazí rozšírený bočný panel s príslušnou funkcionalitou vybranej časti. Na skrytie panelu s rozšírenou funkcionalitou má používateľ možnosť stlačiť tlačidlo Menu, kedy sa vráti do zobrazenia Hlavný program a vie využiť väčšiu plochu ( viď Obrázok 2). Intensity a Wavelength zobrazujú hodnoty zo zvolenej časti zo  záznamu (Camera record).



Obrázok - Hlavný program

## **Zobrazenie v časti Kamera**

Zobrazenie v časti Kamera ponúka používateľovi pohľad na nasnímanú celú snímku spektrometra (Záznam z kamery) umiestnenú v ľavom hornom rohu. Používateľ má možnosť vybrania riadku parameter Y a možnosť vybrania jeho okruhu parameter H (počet riadkov nad a pod y) manuálne pomocou zadania presnej hodnoty, alebo myšou vybraním riadku v Camera record časti a následným zvolením parametra H. Potvrdením tlačidla Set sa na RGB grafe zobrazia požadované údaje. Camera choice poskytuje používateľovi možnosť pripojenia kamery z ponuky select boxu a následným potvrdením výberu stlačením tlačidla Set. V tomto prípade nie je pripojené žiadne zariadenie. Používateľ je informovaný signalizáciou stavu pripojenia v ľavom hornom rohu, časť Signal svieti na červeno a v select boxe nie je vybrané žiadne zariadenie, ale predefinovaná hodnota Choose. Ďalšou možnosťou, ktorú časť kamera poskytuje, je možnosť nastavenia kamery. Po kliknutí na tlačidlo Camera Settings sa používateľovi zobrazí modálne okno s možnosťami nastavenia kamery ( viď Obrázok 3).



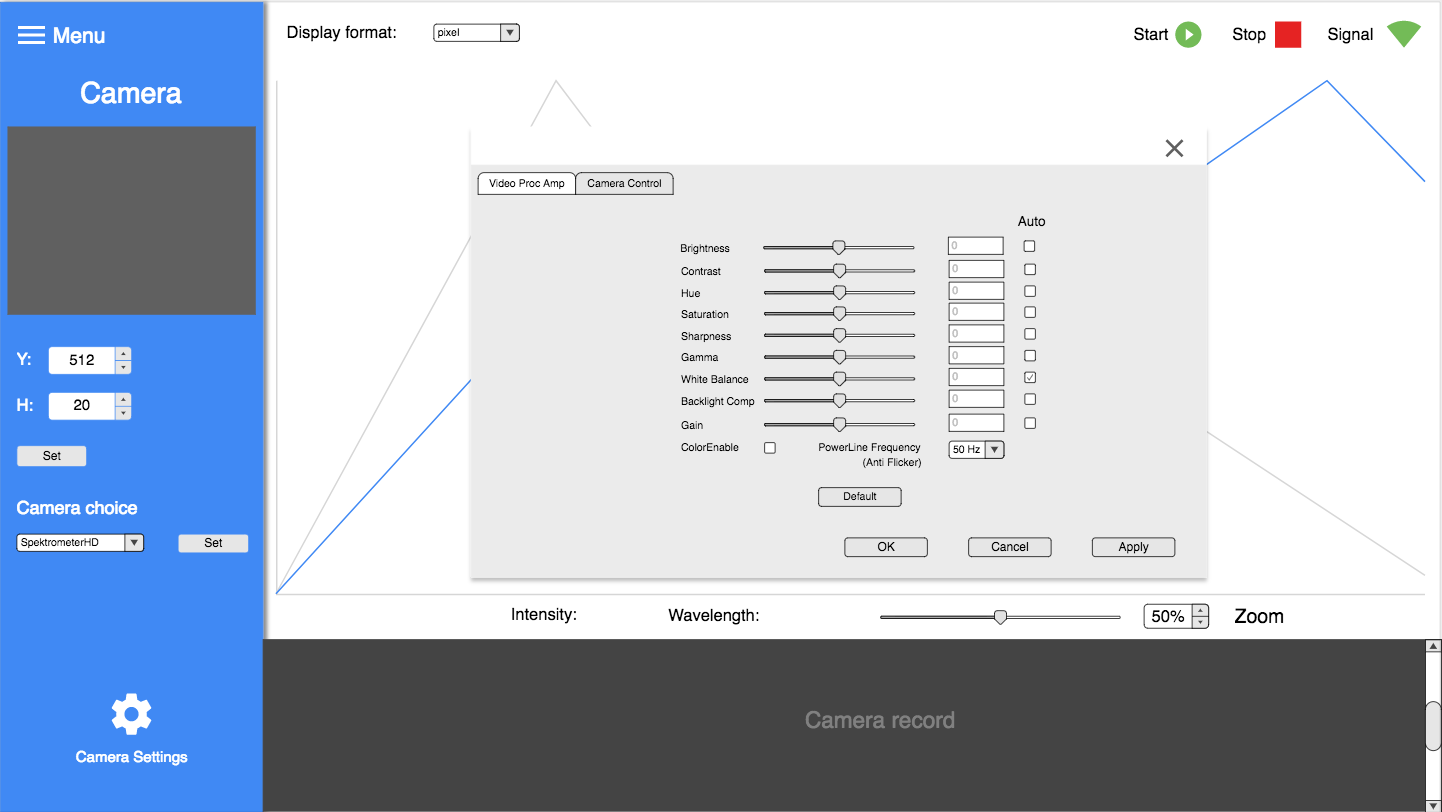
Obrázok - Obrazovka v časti Kamera

### **Zobrazenie v časti Nastavenia kamery**

Zobrazený stav programu po kliknutí na tlačidlo Camera Settings s už pripojeným spektrometrom (signalizácia stavu pripojenia). Zobrazená ponuka nastavení kamery. Táto ponuka sa skladá z dvoch častí Video Proc Amp a Camera Control (Obrázok 3).

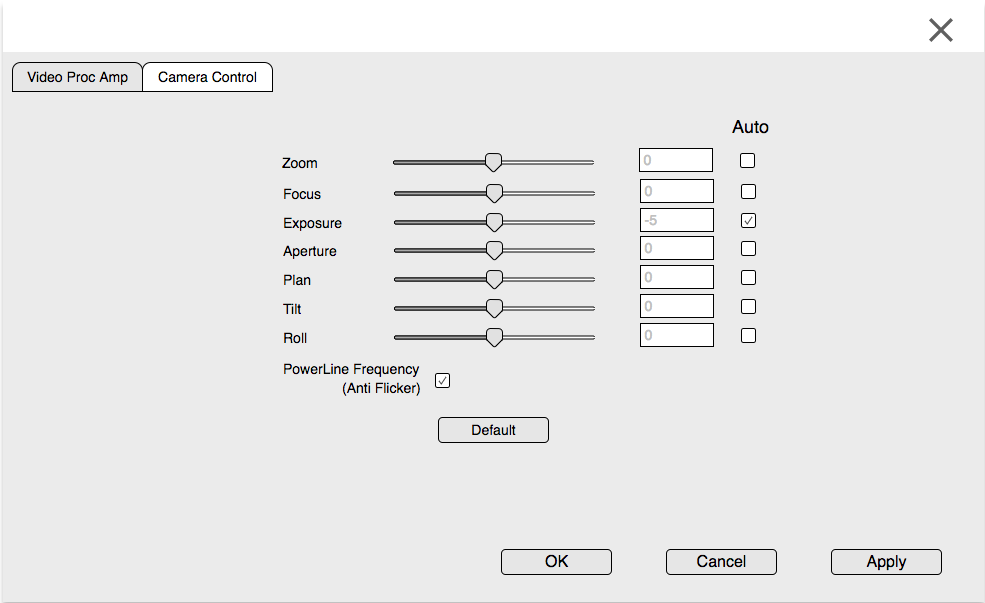
Video Proc Amp je Windows Driver Model (WDM), ktorý slúži na konfigurujú kvalitu výsledného záznamu kamery. Obsahuje parametre (Backlight compensation, Brightness, Contrast, Gain, Gamma, Hue, Saturation, Sharpness, White balance).

Camera Control slúži na konfiguráciu samotnej kamery spektrometra. Patria sem parametre ako Exposure, Zoom a ďalšie.



Obrázok - Zobrazenie Nastavenia kamery

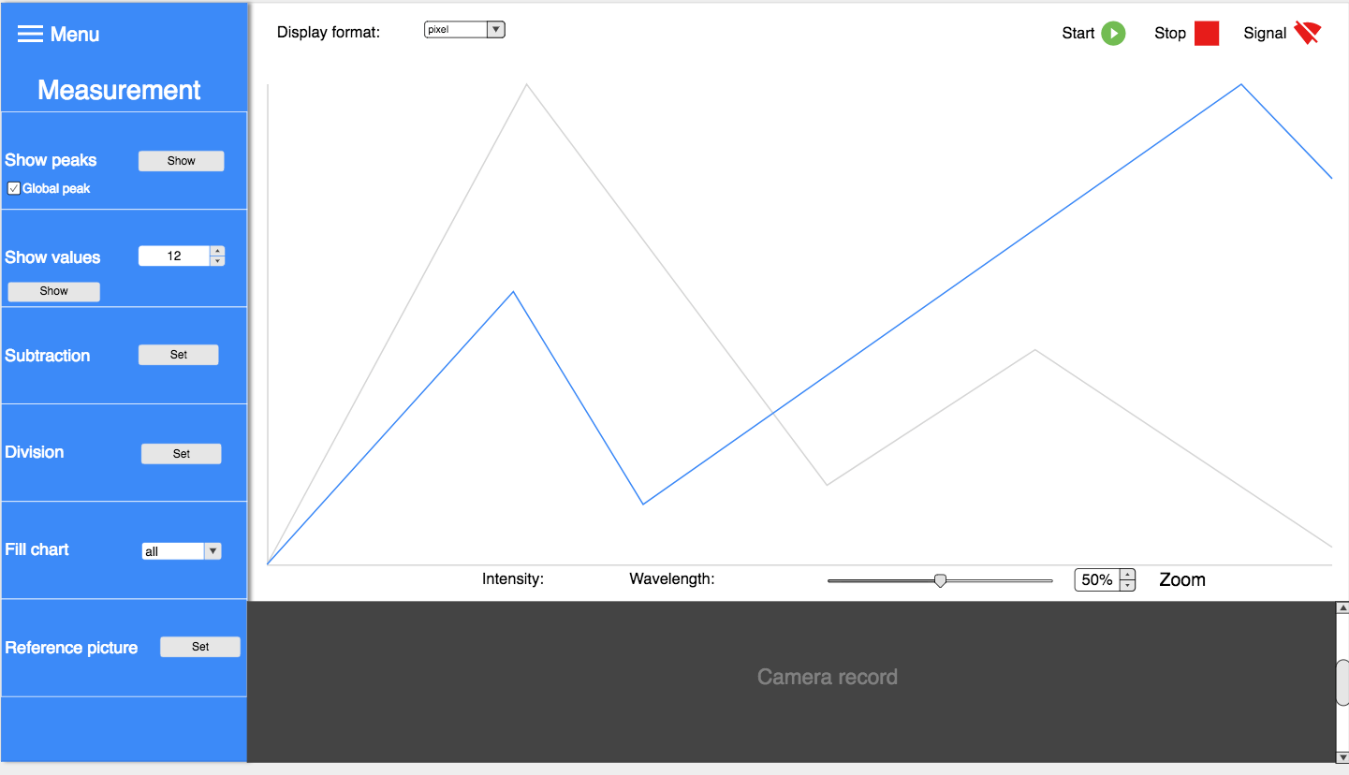
Zobrazená ponuka nastavenia kamery v časti Camera Control (Obrázok 4). Používateľ si v tomto  režime vie nastaviť dĺžku expozície a mnoho ďalších atribútov manuálne vyplnením textového poľa, pomocou slideru alebo má možnosť zvolenia automatického nastavenia.



Obrázok - Nastavenia kamery 2

## **Zobrazenie v časti Meranie**

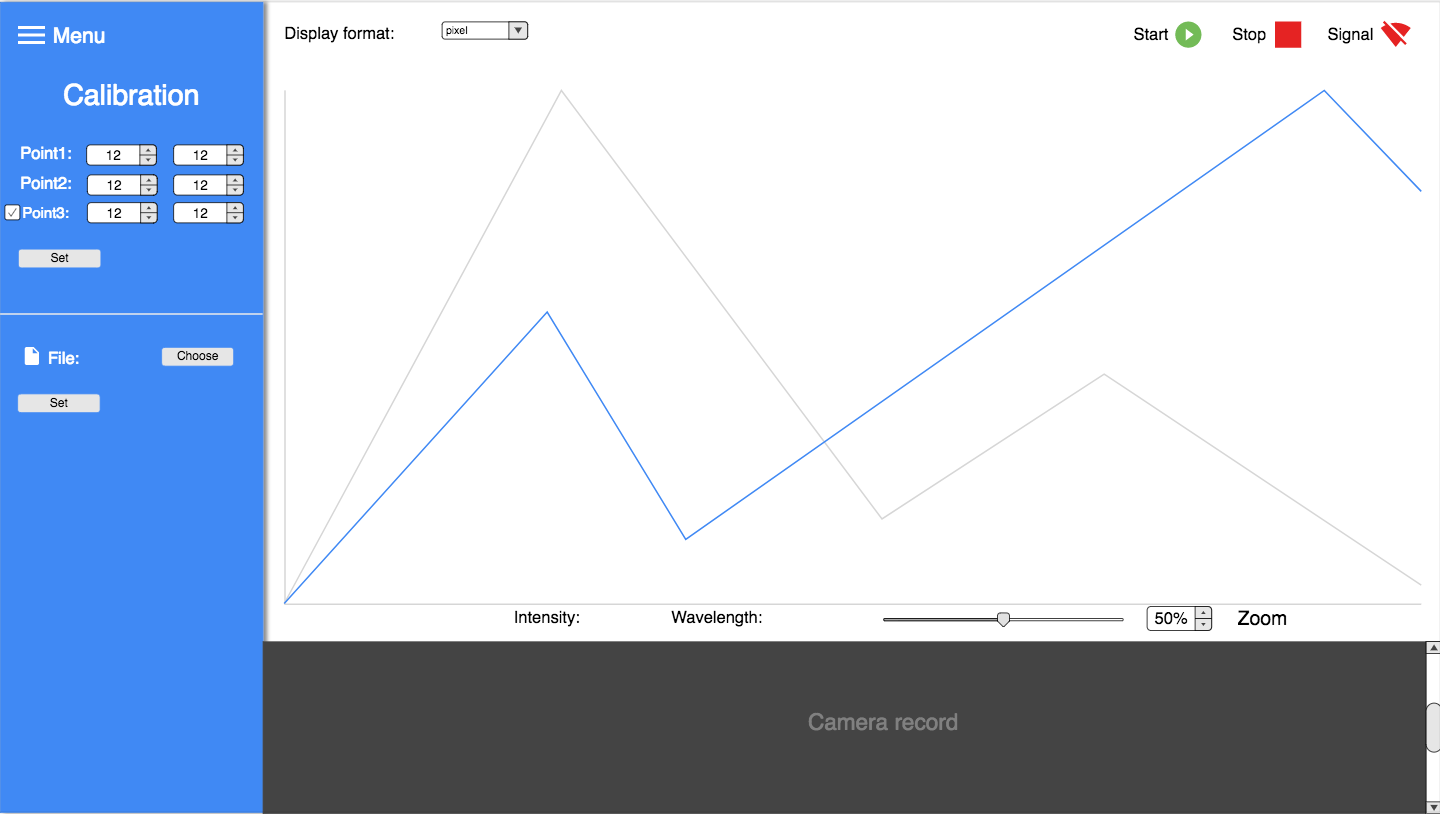
Časť Merania poskytuje používateľovi možnosti na zobrazenie lokálnych resp. globálneho maxima (Show peaks) a hodnôt vrcholov (Show values). Možnosť zobrazenia hodnôt vrcholov ponúka používateľovi manuálne nastaviť hodnotu, ktorú ak namerané hodnoty prekročia, tak sa na RGB grafe farebne zvýraznia všetky polohy vrcholov a ich hodnoty, ktoré zadanú hodnotu prekročujú. Taktiež je tu možnosť zobrazenie operácií nad nameraným spektrom, rozdiel (Substraction) a podiel (Division) pri týchto možnostiach si používateľ vyberie statickú referenčnú snímku, ktorá sa odpočíta od aktuálneho záznamu (Substraction) stlačením tlačidla Set sa prejavia zmeny na grafe. Ďalšou možnosťou je možnosť vyplnenia plochy grafu farbami zvoleného výrezu (Fill chart). V tejto funkcionalite si používateľ musí najskôr vybrať farbu z RGB a po potvrdení výberu sa z grafu odfiltrujú ostatné farebné zložky a v grafe zostane iba vybraná farba. Predefinovaná hodnota all zobrazuje všetky farby súčasne (červená, modrá, žltá, zelená). Poslednou možnosťou je Reference picture, ktorá umožňuje používateľovi uložiť tvz. referenčnú snímku stlačením tlačidla Set na ďalšie operácie.



Obrázok - Zobrazenie v časti Meranie

## **Zobrazenie v časti Kalibrácia**

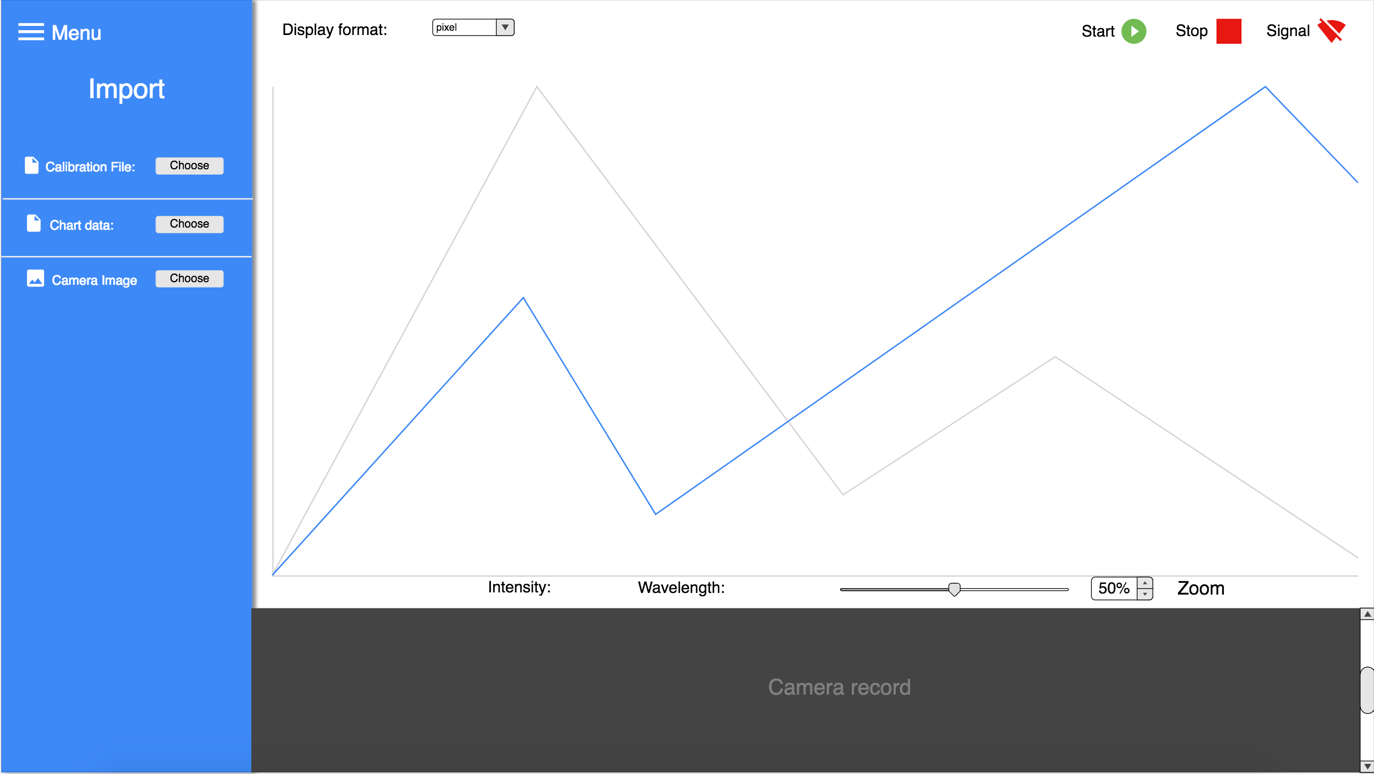
Plocha programu v časti Kalibrácia umožňuje používateľovi manuálne kalibrovať spektrometer pomocou 2 počiatočných bodov, ktoré sa dajú rozšíriť o 3 bod zaškrknutím checkboxu. Pri manuálnej kalibrácií používateľ nastavuje vlnovú dĺžku pre každý bod a proces potvrdí tlačidlom Set. Druhou možnosťou je spektrometer kalibrovať kalibračným súborom, ktorý si používateľ vyberie možnosťou Choose a potvrdí tlačidlom Set.



Obrázok - Zobrazenie v časti Kalibrácia

## **Zobrazenie v časti Import**

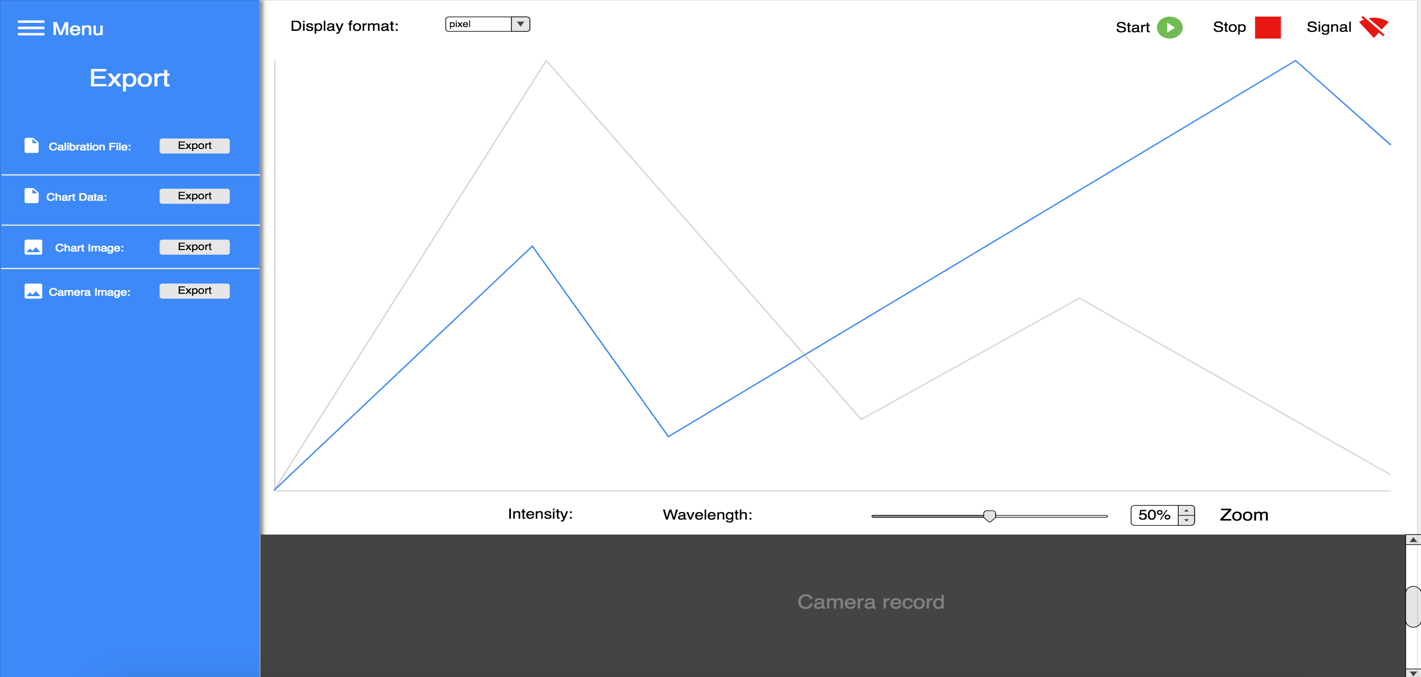
V časti Import si používateľ vie zobraziť uložene údaje z formátov .txt a .png a znovu ich načítať do aplikácie. Po vybratí možnosti sa zobrazí modálne okno s výberom príslušného súboru na import.



Obrázok - Zobrazenie v časti Import

## **Zobrazenie v časti Export**

Časť export ponúka možnosti na uloženie snímaných dát. Používateľ si bude vedieť uložiť kalibračné nastavenia do súboru s .txt príponou pre možnosti opätovného použitia. Ďalšie možnosti exportovania sú: uloženie dát bodov grafu do .txt súboru, uloženie grafu do .png formátu a uloženie aktuálneho záberu do .png formátu. Tie operácie sa ovládajú stlačením tlačidla Export pre konkrétny výber po ktorom si používateľ bude môcť vybrať názov a cieľ uloženia súboru.



Obrázok - Zobrazenie v časti Export



# **Návrh implementácie**

V tejto časti je popísaný návrh implementácie, ktorý zahŕňa oblasti rozdelenie technológií, ktoré používame, triedny diagram a cieľové prostredie, v ktorom aplikácia bude použiteľná.



## **Rozdelenie technológií**

Technológie potrebné na vývoj tejto aplikácie rozdeľujeme do kategórií:

* Technológie pre tvorbu programu
* Technológie pre prácu s web kamerou
* Technológie pre tvorbu grafov
* Technológie pre tvorbu s používateľským prostredím

### **Technológie pre tvorbu programu**

Pre tvorbu programu bude použité vývojové prostredie Visual Studio od spol. Microsoft, v ktorom budeme používať programovací jazyk C#. Na dizajnovanie aplikácie použijeme xaml, ktorý sa používa na dizajn MS Windows aplikácií.

### **Technológie pre prácu s web kamerou**

Na prácu s web kamerou použijeme knižnicu MS DirectShow z frameworku AForge.NET, ktorá zabezpečuje všetky potrebné funkcie pre ovládanie kamery, získavanie obrázkov z kamery aj jej potrebných nastavení.

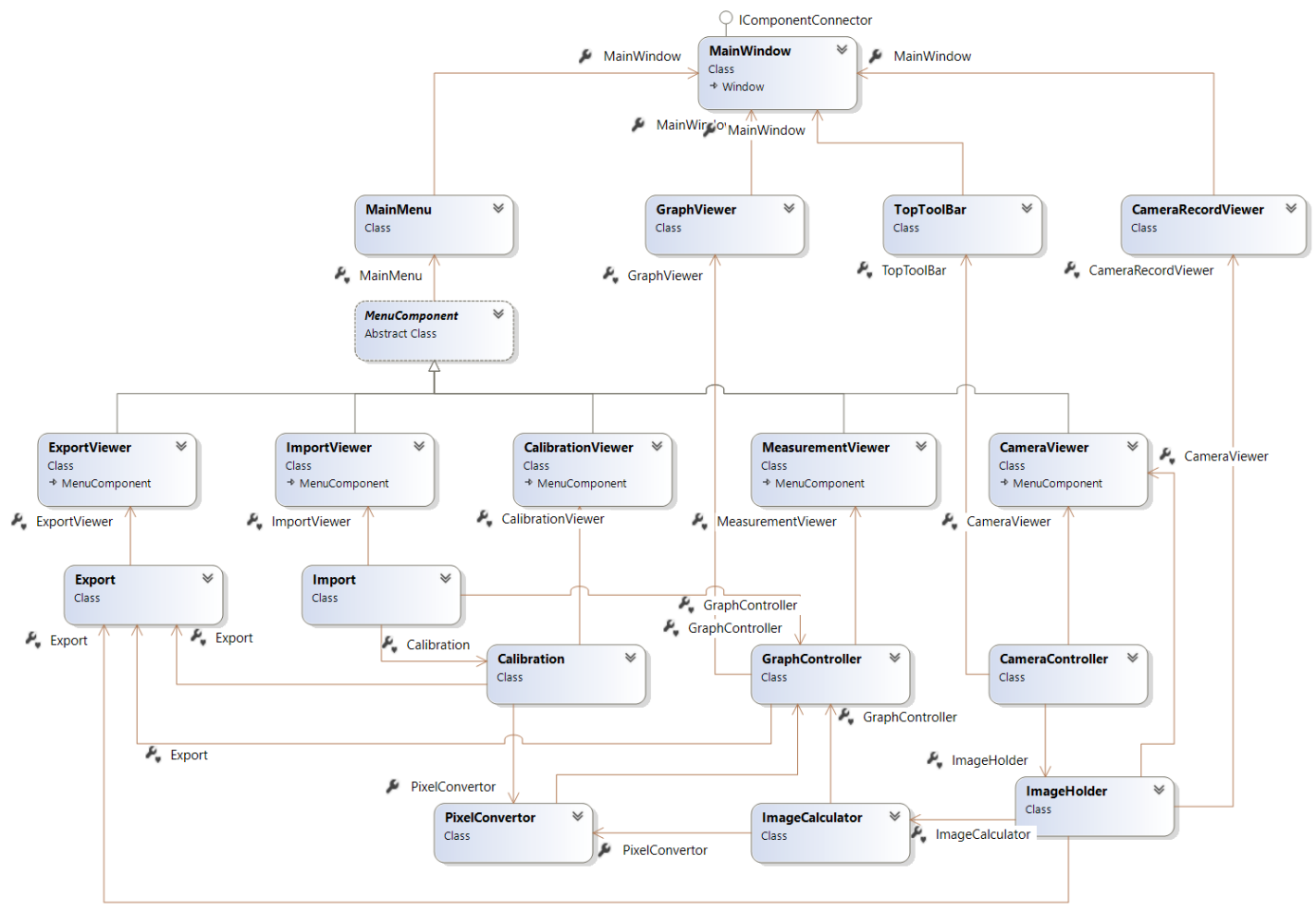
### **Technológie pre tvorbu grafov**

Pre tvorbu grafov bude použitá knižnica „Live Charts“, ktorá svojim vzhľadom, funkcionalitou, ale aj rýchlosťou spĺňa všetky naše požiadavky na grafy. Pre výpočty po delení, odčítaní, spriemerovaní dát v grafe použijeme vlastné metódy v jazyku C# (3.1.2.1 – k), l); 3.1.2.2 – m), o), q), r) ).

### **Technológie pre tvorbu používateľského rozhrania**

Na tvorbu používateľského rozhrania bude použitá knižnica „Windows Presentation Foundation” (skratkou WPF), ktorá je novšia a modernejšia verzia „Windows Forms Application“. WPF je súčasťou .NET 3.0.

## **Triedny diagram**

Na obrázku č. 9 je triedny diagram. Sú na ňom zobrazené jednotlivé triedy diagramu a taktiež vzťahy medzi triedami.

Obrázok 9 - Zobrazenie v časti Export

### **Rozdelenie na časti**

Triedny diagram rozdeľujeme na dve časti:

* *Grafické rozhranie*
* *Logiku aplikácie*

#### Grafické rozhranie

MainWindow

* Je okno, ktoré sa otvorí po spustení aplikácie. V ňom sa nachádzajú štyri komponenty:
  + - * MainMenu

Komponent MainMenu je vidno na obrázkoch modrou farbou vľavo. Obsahuje MenuComponenty presnejšie popísané v používateľskom rozhraní 3.2 - 3.6:

* + ExportViewer

Trieda ExportViewer pomocou tlačidiel v komponente volá funkcie z triedy Export, ktorá exportuje zvolené dáta, opísané v kapitole 3.6.

* + ImportViewer

Trieda ImportViewer sa správa dosť podobne ako trieda ExportViewer a to tak, že po stlačení tlačidla na obrazovke sa zavolá príslušná funkcia z triedy Import. Táto trieda je lepšie opísaná v kapitole 3.5.

* + CalibrationViewer

Trieda CalibrationViewer zobrazuje a nastavuje kalibračné body pomocou funkcií v triede Calibration. Komponent lepšie opísaný v kapitole 3.4.

* + MeasurementViewer

Táto trieda nastavuje možnosti zobrazovania na graf pomocou funkcií v triede GraphController. Čo presne sa v ňom dá nastavovať je popísané v kapitole 3.2.

* + CameraViewer

V triede CameraViewer si používateľ nastavuje možnosti kamery, presnejšie popísané v kapitole 3.3. Na ich nastavenie trieda volá funkcie z CameraController. Ďalej sa do nej posielajú obrázky na zobrazenie z triedy ImageHolder, ktoré sa po získaní preškálujú na potrebnú veľkosť.

* + - * GraphViewer

Trieda zobrazuje graf z dát, ktoré získal z triedy GraphController. Mala by mať implementované všetky funkcie pre prácu s grafom, popísané v kapitolách 3.1 a 3.2. To je napríklad zobrazovanie maxím.

* + - * TopToolBar

TopToolBar trieda pracuje s triedou CameraController, ktorej dáva signály na zapnutie a vypnutie kamery, a zároveň dostáva stav kamery, ktorý je zobrazovaný.

* + - * CameraRecordViewer

Trieda CameraRecordViewer spracováva obrázok z triedy ImageHolder, ktorý následne zobrazuje. Na obrázku značí, ktoré riadky sa akurát spracúvajú na grafe. Po kliknutí na určité miesto na obrázku sa vyberú nové riadky začínajúc od miesta kliku nadol.

#### Logika aplikácie

CameraController

Obsahuje funkciu na vypísanie všetkých dostupných kamier, ktoré potom ako zoznam posiela do CameraViewer. Po vybraní kamery ju nastaví na používanie a odošle stav pre TopToolBar. Má implementované funkcie na zapnutie a vypnutie kamery, zobrazenie nastavení kamery. Výsledné obrázky posiela do ImageHolderu.

ImageHolder

V triede je uložený snímok z kamery, tak isto aj referenčný snímok. Ďalej si pamätá výšku vybraného riadku a počet vybraných riadkov. Je v nej funkcia, ktorá vráti posledných posledných riadkov, je počet obrázkov a  je počet riadkov z obrázka.

ImageCalculator

V triede sa prepočítavajú pixely získané z ImageHolderu. Z triedy sa dajú získať údaje odčítania, delenia a priemeru.

GraphController

V triede sú uložené dáta, ktoré sa zobrazujú na GraphViewer. Pamätá si či má zobrazovať vrcholi, hodnoty, aké sú minimálne hodnoty pre vrcholy, či má vypĺňať graf, či delil alebo odčítaval. Po zavolaní funkcie z MeasurementViewer na zmenu jednu z týchto hodnôt sa všetky zmeny pošlú do GraphViewer.

PixelConverter

V triede sa prepočítavajú dáta pixelov do vlnovej dĺžky.

Calibration

Trieda má v sebe uložené kalibračné body, ktoré sa dajú získať a nastaviť im iné hodnoty.

Import

Trieda sa stará o import kalibračných údajov a obrázka grafu.

Export

Trieda sa stará o export grafu, kalibračných údajov.

## **Cieľové prostredie**

Aplikácia bude bežať na operačnom systéme windows (3.1.1 - ii) ). Pre funkčnosť aplikácie bude potrebné mať v systéme windows nainštalovaný framework .NET s verziou 3.0 alebo novšiu. Na vytváranie nových snímkou a pozeranie ich na grafe bude potrebné mať pripojenú web kameru. Ďalšou možnosťou pre pozeranie grafu je načítanie vlastnej snímky.