

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

SOFTVÉR K OPTICKÉMU SPEKTROMETRU S  
WEB KAMEROU  
ZÁVEREČNÁ SPRÁVA

2017

RADOSLAV HEČKO, MICHAL SINGER, MICHAL PLEVKA, DANIEL KISEL

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Popis projektu</b>	<b>2</b>
1.1 Predmet špecifikácie . . . . .	2
1.2 Rozsah projektu a funkcie systému . . . . .	2
<b>2 Špecifikácia požiadaviek</b>	<b>3</b>
2.1 Slovník pojmov, skratky . . . . .	3
2.2 Kontext systému . . . . .	3
2.3 Charakteristika používateľov . . . . .	4
2.4 Funkcie systému . . . . .	4
2.4.1 Funkcie ovládania kamery . . . . .	4
2.4.2 Funkcie výstupu na obrazovku . . . . .	4
2.4.3 Funkcie kalibrácie spektrometra . . . . .	5
2.5 Funkčné požiadavky . . . . .	5
2.5.1 Všeobecné požiadavky na prístup k aplikácii . . . . .	5
2.5.2 Prístup k systému z pohľadu používateľa . . . . .	6
<b>3 Návrh</b>	<b>9</b>
3.1 Špecifikácia vonkajších interfejsov . . . . .	9
3.2 Formáty súborov . . . . .	10
3.2.1 Export a import kalibračného súboru . . . . .	10
3.2.2 Export a import snímky zo spektrometra . . . . .	10
3.2.3 Export a import dát grafu . . . . .	11
3.2.4 Export obrázka grafu . . . . .	11
3.2.5 Nastavenia aplikácie . . . . .	11
3.3 Používateľské rozhranie . . . . .	13
3.3.1 Hlavné zobrazenie . . . . .	13
3.3.2 Zobrazenie v časti Kamera . . . . .	14
3.3.3 Zobrazenie v časti Nastavenia kamery . . . . .	15
3.3.4 Zobrazenie v časti Meranie . . . . .	16

3.3.5	Zobrazenie v časti Kalibrácia . . . . .	17
3.3.6	Zobrazenie v časti Import . . . . .	18
3.3.7	Zobrazenie v časti Export . . . . .	18
3.4	Návrh implementácie . . . . .	19
3.4.1	Rozdelenie technológií . . . . .	19
3.4.2	Technológie pre tvorbu programu . . . . .	19
3.4.3	Technológie pre prácu s web kamerou . . . . .	19
3.4.4	Technológie pre tvorbu grafov . . . . .	19
3.4.5	Technológie pre tvorbu používateľského rozhrania . . . . .	19
3.4.6	Triedny diagram . . . . .	20
3.4.7	Rozdelenie na časti . . . . .	20
3.5	Cieľové prostredie . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Testovacie scenáre</b>	<b>25</b>
4.1	Testovací scenár prístupu k systému z pohľadu používateľa . . . . .	25
4.2	Testovací scenár ovládania kamery z pohľadu používateľa . . . . .	27
4.3	Testovací scenár ovládania grafu . . . . .	28
4.4	Testovací scenár kalibrácie spektrometra . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Používateľská príručka</b>	<b>31</b>
5.1	Ovládanie aplikácie . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Inštalčná príručka</b>	<b>32</b>
6.1	Systémové požiadavky . . . . .	32
6.2	Inštalácia . . . . .	32
	<b>Záver</b>	<b>33</b>

# Úvod

Tento dokument popisuje kompletný softvér k optickému spektrometru spoločnosti Kvant spol. s r. o. Dokument opisuje požiadavky na funkcionality, použité technológie, návrh softvéru z technického i vizuálneho hľadiska. Obsahuje taktiež inštalačnú a používateľskú príručku. Slúži ako manuál pre ďalší vývoj aplikácie.

# Kapitola 1

## Popis projektu

### 1.1 Predmet špecifikácie

Softvéru k optickému spektrometru bude slúžiť spoločnosti Kvant spol. s r. o.. Systém bude slúžiť najmä na ovládanie spektrometra pripojeného k počítaču a následné skúmanie spracovaného obrazu zosnímaného kamerou zabudovanou v prístroji. Systém bude znázorňovať graf nasnímaných dát a umožní operácie nad týmito dátami. Okrem iného umožní užívateľovi export, import spracovaných údajov vo forme PNG obrázkov a textového súboru pre možné ďalšie spracovanie.

### 1.2 Rozsah projektu a funkcie systému

Súčasná verzia systému poskytuje služby, akými sú spracovanie obrazu spektrometra do 2D grafickej podoby. Zobrazuje RGB zložky spracovaného obrazu, umožňuje vyplňanie obrazu konkrétnou RGB zložkou a sledovanie priebehu intenzity. Obsahuje tiež možnosť zobrazenia polohy a hodnoty maxím, ktoré je možné priblížiť pre lepší detail. Tento systém je nevyhovujúci pre jeho slabú kompatibilitu a nedostatok funkcionality. Našou úlohou je vytvoriť nový systém, ktorý doplní pôvodnú funkcionality o nové možnosti, akými sú možnosti výberu kamery, ovládanie samotnej kamery a ukladanie aktuálneho záznamu z kamery. Medzi ďalšie možnosti systému patria spätná možnosť načítania súboru, jeho grafické vyjadrenie a možnosť aritmetických operácií (rozdiel, podiel) medzi zvolenými priebehmi.

# Kapitola 2

## Špecifikácia požiadaviek

### 2.1 Slovník pojmov, skratky

Tabuľka 2.1: Slovník pojmov, skratky

spektrometer	Zariadenie založené na princípe rozkladu svetla pri difrakcii na mriežke a následnom spracovaní obrazu zosnímaného bežnou webkamerou zabudovanou v prístroji.
spektrum	Súbor monochromatických optických žiarení, ktoré sú charakterizované frekvenciou a intenzitou a sú obsiahnuté v žiarení uvažovaného zdroja žiarenia.
intenzita	Intenzita je mierou rozloženia energie žiarenia do častí spektra.
RGB zložka	RGB je aditívny farebný model, pri ktorom svetlo želanej farby vzniká zmiešaním červeného, zeleného a modrého svetla vhodnej intenzity.
integračná doba	Je to parameter, prístupný v radiči kamery, ktorým sa určuje akú dlhú dobu má kamera akumulovať náboj vytváraný dopadajúcim svetlom. Po jej uplynutí nastáva vyčítavanie hodnoty náboja zmeneného na výstupné napätie.
obrazové body	Jednotky kalibrácie (vlnová dĺžka v nm, vlnočet v cm <sup>-1</sup> ).

### 2.2 Kontext systému

Aplikácia bude slúžiť na spracovanie a analyzovanie svetla pomocou kamery spektrometra. Používateľ pripojí kameru, ktorú aplikácia rozpozna ako pripojené zariadenie. Na kalibruje ju na správne hodnoty. Nastaví si rôzne parametre výstupného obrazu

a jeho snímania podľa svojich potrieb. Keď používateľ spustí nahrávanie, kamera začne produkovať výstupný obraz zachyteného svetla, ktorý bude vidieť na obrazovke vo forme farebného spektra alebo grafu, podľa ktorého bude vidieť rozloženie svetla na jeho farebné zložky podľa intenzity a vlnovej dĺžky. Taktiež si bude môcť na grafe zobrazovať rôzne úseky spektra a jeho maximá pre jeho podrobnejšiu analýzu. Dostupné bude aj vykonávanie rôznych aritmetických operácií medzi nasnímanými obrázkami, ktoré slúžia k nájdeniu rozdielov/zmien (v čom sú odlišné). Nasnímané obrázky sa budú dať lokálne uložiť, prípadne načítať do aplikácie a následne s nimi pracovať.

## 2.3 Charakteristika používateľov

Aplikáciu bude využívať jeden typ používateľov. Všetci používatelia majú rovnaké právomoci a možnosti z hľadiska funkcionality systému bez nutnosti registrácie alebo prihlasovania.

Používatelia budú môcť používať pripojenú kameru (spektrometer) v aplikácii a pracovať s ňou. Na základe výstupu z kamery im systém umožní analyzovať spracovaný obraz vo forme grafického zobrazenia nameraného spektra.

## 2.4 Funkcie systému

### 2.4.1 Funkcie ovládania kamery

Ak budú k počítaču pripojené viaceré kamery, tak používateľ si bude môcť v aplikácii v zozname pripojených kamerových zariadení vybrať, ktorú kameru chce použiť na snímánie. Snímánie kamery bude môcť spustiť, alebo po spustení zastaviť. Snímánie kamerou bude mať dva módy:

- (a) nasnímanie iba jedného snímku,
- (b) nepretržité snímánie s nastavením odstupu medzi jednotlivými snímkami.

Rozmery výstupného obrazu kamery budú konštantné. Ďalším nastavením výstupného obrazu je integračná/expozičná doba, pomocou ktorej si používateľ nastaví čas, počas ktorého dopadá svetlo na fotocitlivý materiál v spektrometri.

### 2.4.2 Funkcie výstupu na obrazovku

Nasnímané zábery sa budú dať lokálne uložiť vo formáte „.png“, alebo „.txt“, či už manuálne cez možnosť „uložiť“, alebo ukladať snímky automaticky počas snímania spektrometra. Miesto uloženia a názov si používateľ vyberie sám, alebo si nastaví predvolené

hodnoty. Možnosť načítať lokálny „png”, alebo „txt” súbor do aplikácie a zobrazíť ho graficky.

Vo výstupnom obraze sa bude dať vybrať jeden, alebo viac riadkov a stĺpcov, v ktorom chce používateľ detailnejšie analyzovať farebné spektrum a jeho intenzitu. Taktiež si bude môcť vybrať vo výstupnom obraze riadky a graficky ich znázorniť do jedného grafu. V grafe bude dostupný „zoom” (lupa), pomocou ktorého sa bude dať farebné spektrum zobrazené v grafe priblížiť a následne oddialiť. Krivka grafu (a jeho vnútro) snímaného svetla sa bude dať vyplniť jeho farebným spektrom. V grafe bude možnosť zobrazíť maximá snímaného svetla, ich polohy, hodnoty a prípadne ich uložiť do „txt” súboru. Aplikácia bude obsahovať funkciu na robenie aritmetických operácií (rozdiel, podiel) medzi nasnímanými obrázkami, čiže medzi pixelmi dvoch obrázkov sa vykoná aritmetická operácia a vznikne nová výsledná snímka.

### 2.4.3 Funkcie kalibrácie spektrometra

Aplikácia umožní používateľovi nakalibrovať spektrometer na správne hodnoty. Kalibrácia spočíva v tom, že určitým obrazovým bodom (pixelom) v grafe farebného spektra sa priradia správne vlnové dĺžky a tým sa spektrometer nakalibruje.

Kalibrovať môžeme niekoľkými spôsobmi a to buď:

- (a) od výrobcu dodanými kalibračnými bodmi, ručne vloženými, alebo načítanými z „txt” súboru
- (b) vlastná kalibrácia kalibračným zdrojom čiarového spektra (Hg výbojka, ..), ktorého vlnové dĺžky sú známe, programové vytvorenie kalibračného „txt” súboru

## 2.5 Funkčné požiadavky

### 2.5.1 Všeobecné požiadavky na prístup k aplikácii

- (i) Jedná sa o desktopovú „exe” aplikáciu, ktorá bude prístupná pre používateľov s príslušným hardvérovým zariadením spektrometra.
- (ii) Aplikácia má byť spustiteľná pod platformou Windows
- (iii) Pre korektné fungovanie softvéru, je potrebná kalibrácia, pomocou bodov uvedených na konkrétnom zariadení spektrometra, alebo v súbore s kalibračnými bodmi, ktoré aplikácia načíta, či inými, korektnými, ručne zadanými hodnotami.



## 2.5.2 Prístup k systému z pohľadu používateľa

- (a) Používateľ bude mať k dispozícii okno, kde si bude môcť zvoliť kameru spektrometra, ktorá bude používaná ako vstupné zariadenie na získavanie snímok do aplikácie.
- (b) Ak je pripojená jediná kamera, je zvolená automaticky.

### 2.5.2.1 Ovládanie kamery

- (a) Program dokáže rozoznať pripojenie a odpojenie kamery a tento stav nejaký spôsobom vizualizuje na obrazovke.
- (b) Program vie zistiť expozičnú dobu kamery.
- (c) Ak je kamera pripojená, po stlačení tlačidla „Spustiť“ program začne komunikovať s pripojenou, zvolenou kamerou, od ktorej začne získavať nasnímané dáta.
- (d) Proces snímania obrazu z kamery pokračuje neohraničene, ale je možné ho kedykoľvek zastaviť tlačidlom „Ukončiť“.
- (e) Používateľ môže obmedziť neohraničené snímanie obrazu z kamery zadaním počtu snímok, ktoré sa majú z kamery načítať.
- (f) Pre možnosť ohraničeného snímania obrazu môže používateľ nastaviť časový odstup medzi jednotlivými zábermi.
- (g) V aplikácii si bude môcť používateľ prispôsobiť nastavenia kamery podľa vlastných potrieb, ktoré mu umožnia zoptimalizovať snímky získavané z kamery, napríklad už spomenutou integračnou dobou - akumulácie náboja, čo je parameter, prístupný v driveri ku kamere, ktorým sa určuje akú dlhú dobu má kamera akumulovať náboj vytváraný dopadajúcim svetlom. Po jej uplynutí nastáva vyčítavanie hodnoty náboja zmeneného na výstupné napätie (ďalšie funkcie v časti i).
- (h) Aktuálna snímka z kamery spektrometra sa dá uložiť vo formáte: „.png“; na ručne zadane / programovo predvolené miesto na disku.
- (i) V ohraničenom režime snímania obrazu je možné zvoliť, či sa všetky snímky načítané z kamery vo vhodnom intervale majú ukladať do súboru.
- (j) Snímky z kamery uložené do súboru je možné neskôr znova načítať a zobraziť v aplikácii.

- (k) Aktuálne zobrazený spektroskopický dvojrozmerný graf je možné zapísať do súboru „.png“.
- (l) RGB hodnoty zobrazené v grafe je možné zapísať do súboru vo formáte „.txt“.

### 2.5.2.2 Výstup na obrazovku

- (a) V grafickom prostredí aplikácie sa bude nachádzať snímka z kamery, alebo uloženého záznamu spektrometra v počítači a k nej príslušný 2-rozmerný graf jednotlivých RGB zložiek nasnímaného svetla, kde na X-ovej osi bude vlnová dĺžka a na Y-ovej osi bude jej intenzita.
- (b) Šírka snímky z kamery zobrazenej v aplikácii, ktorá je pod dvojrozmerným grafom RGB zložiek snímky, má mať pevný rozmer a to pri rôznych kamerách rovnaký (1280px) a výška má mať nastaviteľný rozmer.
- (c) Používateľ si bude môcť upraviť režim zobrazenia nasnímaných dát, ktoré budú mať vplyv na výsledný graf, ku ktorým mu pomôžu funkcie ako:
  - možnosť výberu špecifickej oblasti spektra v grafe, kde namiesto celej snímky bude na výstupnom grafe braná do úvahy a zobrazovaná len užívateľom zvolená časť (napr. zobrazenie len červenej zložky svetla v grafe) určená intervalom vlnových dĺžok
  - približovanie ( zoom ) - funkcia, ktorá umožní používateľovi zväčšiť ( priblížiť ) časť spektra, alebo sa vrátiť späť na celé spektrum
  - funkcia na zobrazovanie maximálnej hodnoty v grafe (lokálne / globálne maximum)
  - funkcia na zobrazenie hodnôt, ktoré presiahnu konkrétnu ručne zadanú hodnotu, tzn. na výstupnom RGB grafe sa zvýrazia hodnoty (napr. čiernou bodkou, alebo sa zobrazia ich hodnota vedľa vrcholu v grafe,...), ktoré tieto podmienky spĺňajú.
  - prepínanie medzi režimom zobrazenia kamerou nasnímanej snímky v pixeloch / nanometroch, kde štandardný režim zobrazovania obrázka v pixeloch je pomocou výpočtov funkcie prevedený na nanometre
- (d) Pod graf umiestniť okno so zvoleným výrezom záznamu kamery (čo pomôže pri orientácii sa v snímke pri zoome).
- (e) Používateľ si má mať možnosť zo snímky z kamery zvoliť riadky a stĺpce z ktorých sa mu na grafe zobrazia namiesto RGB zložiek celej snímky iba spriemerované

hodnoty RGB zložiek zvolených riadkov a stĺpcov, tzn. podiel súčtu RGB zložiek bodov (pixelov) vo zvolených riadkoch a stĺpcoch, počtom daných riadkov a stĺpcov.

- (f) a) Možnosť zobrazenia zmeny v spektre pomocou rozdielu spektrometrom nasnímaného statického obrázku a referenčnej snímky, kde na výstupnom grafe budú výsledné hodnoty rozdielu RGB zložiek, tzn., že od hodnoty RGB každého bodu (pixelu) nasnímaného statického obrázku sa odpočíta hodnota každého bodu referenčnej snímky.

### 2.5.2.3 Kalibrácia spektrometra

- (a) Pomocou kalibračných bodov načítaných z dvojrozmerného „.txt“ súboru / ručne vložených, program vypočíta parametre kalibračnej paraboly (jej grafické zobrazenie) použitím metódy najmenších štvorcov, cez ktorú sa obrazovým bodom záznamu priradia jednotky kalibrácie (vlnová dĺžka).
- (b) Možnosť vytvorenia kalibračného súboru zo záznamu spektra predom známeho zdroja svetla, tzn. vytvorenie dvojrozmerného „.txt“ súboru, kde budú body kalibrácie (jednotlivé pixely, ktorým je priradená vlnová dĺžka). Dané hodnoty je možno skontrolovať a porovnať pomocou tabuliek na internete, kde sú zaznamenané hodnoty niektorých zdrojov svetla, a zistiť tak presnosť kalibrácie.

# Kapitola 3

## Návrh

### 3.1 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 (2.5.2.1).

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 (2.5.2.2 - b)).

Pre korektné fungovanie grafu aplikácie je potrebná kalibrácia spektrometra, pričom kalibračné body sú uvedené na samotnom zariadení spektrometra, ktoré môže použiť užívateľ ručne vložiť do aplikácie (2.5.1 - iii.).

Pre vlastnú kalibráciu spektrometra je možné načítať do aplikácie súbor s kalibračnými údajmi. Jedná sa o „txt“ súbor, v ktorom sú informácie o kalibrácii zapísané v dvoch stĺpcoch. V prvom stĺpci sú pixely, ku ktorým prislúchajú určité vlnové dĺžky, ktoré sú zapísané v druhom stĺpci súboru, aplikácia daný súbor načíta a pomocou týchto bodov vytvorí kalibračnú parabolu (2.5.2.3 – a)).

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

## 3.2 Formáty súborov

### 3.2.1 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.

### 3.2.2 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.

### 3.2.3 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 prázdny 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.

### 3.2.4 Export obrázka grafu

**Formát:** png

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

### 3.2.5 Nastavenia aplikácie

**Formát:** text

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

——— 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 prázdny 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. 3.3). Táto časť bude mať nasledovný 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. 3.4) bude mať nasledovný 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.

## 3.3 Používateľské rozhranie

### 3.3.1 Hlavné zobrazenie

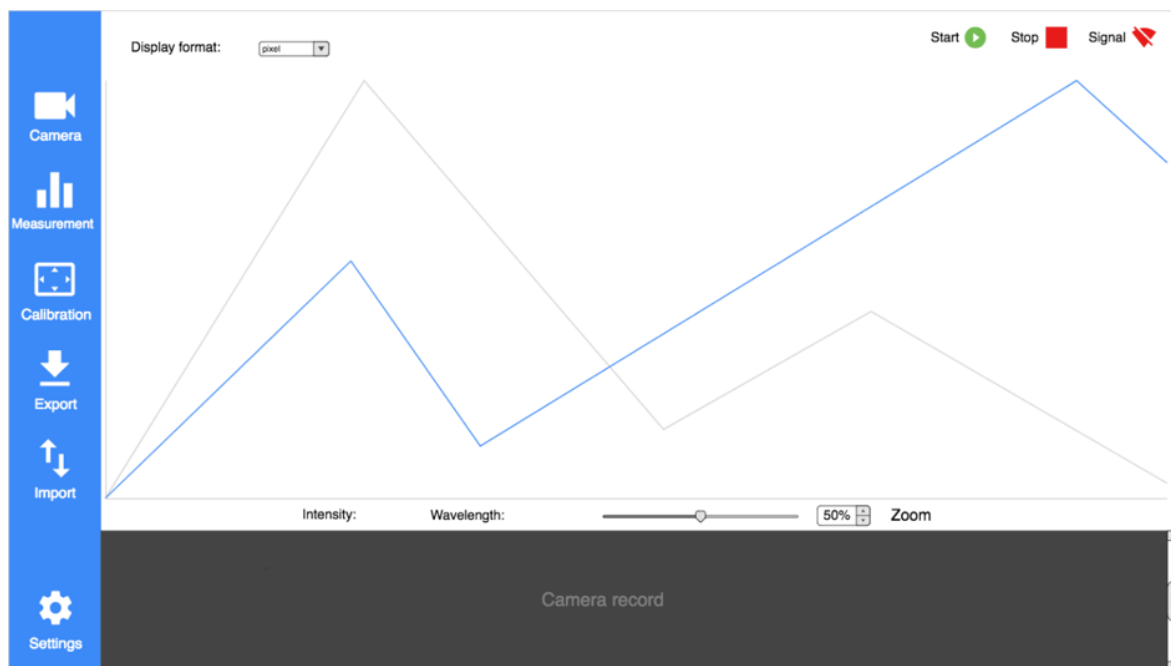
Hlavný program zobrazuje bočný panel s navigáciou (menu), RGB graf, nasnímaný záznam z kamery (Camera record) vertikálne posúvateľný, možnosti prepájania medzi pixelmi a nanometrami pomocou select boxu (Display format). Možnosti na spúšťanie alebo zastavenie snímania tlačidlá Start, Stop v pravom hornom 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 funkcionálnosť

Časti navigácie:

- Kamera
- Merania
- Kalibrácia
- Export
- Import
- Nastavenia kamery

Kliknutím na niektorý z odkazov v menu sa zobrazí rozšírený bočný panel s príslušnou funkcionálnosťou vybranej časti. Na skrytie panelu s rozšírenou funkcionálnosťou má používateľ možnosť stlačiť tlačidlo Menu, kedy sa vráti do zobrazenia Hlavný program a vie využiť väčšiu plochu (obr. 3.2). Intensity a Wavelength zobrazujú hodnoty zo zvolenej časti zo záznamu (Camera record).

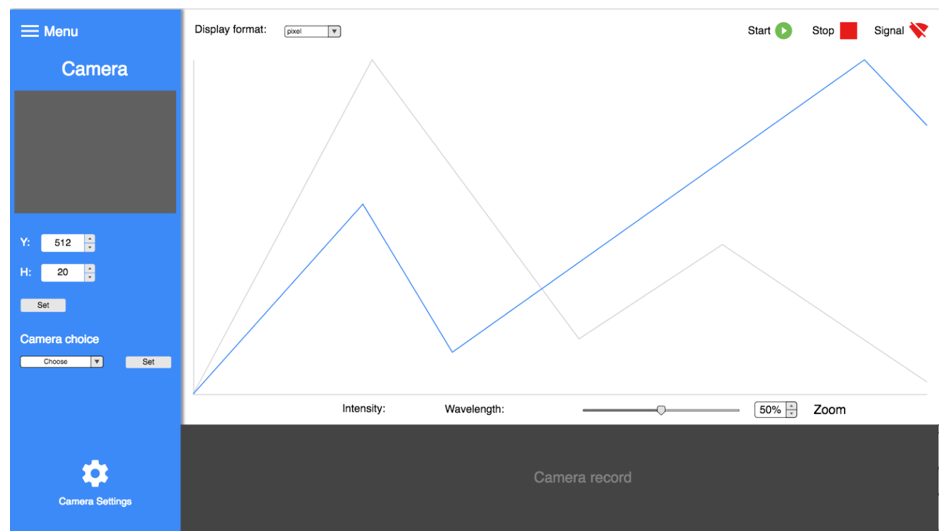




Obr. 3.1: Obrázok 1 - Hlavný program.

### 3.3.2 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 vybraní riadku parameter Y a možnosť vybraní 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 (obr. 3.3).



Obr. 3.2: Obrázok 2 - Obrazovka v časti Kamera.

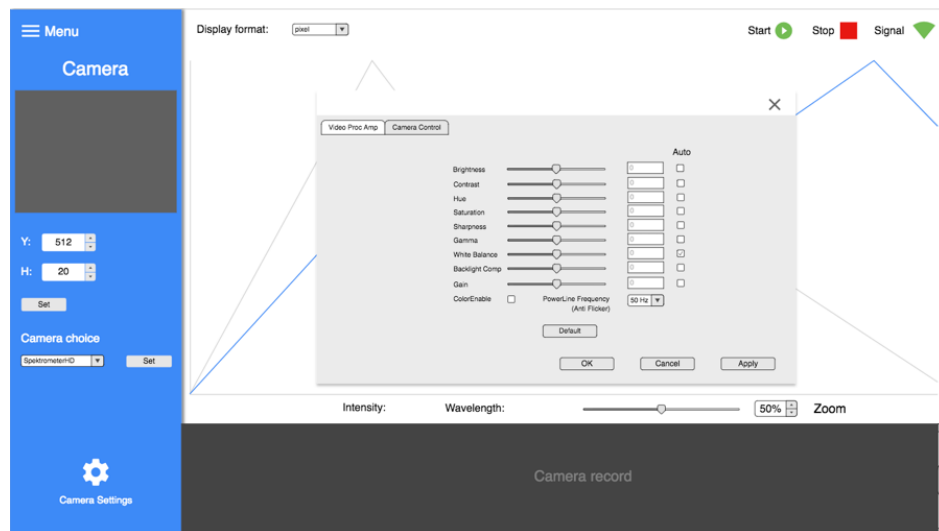
### 3.3.3 Zobrazenie v časti Nastavenia kamery

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 (obr. 3.3).

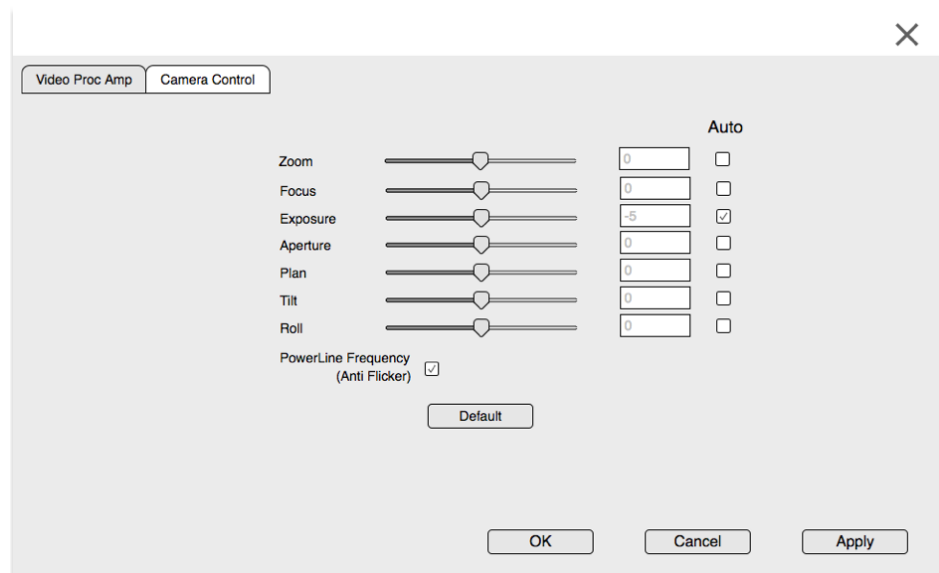
Video Proc Amp je Windows Driver Model (WDM), ktorý slúži na konfigurujú kvalitu výsledného záznamu kamery. Obsahuje parametre (Backlight compensation, Brightness, Contrast, Gain, Gamma, Hue, Saturation, Sharpness, White balance).

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

Zobrazená ponuka nastavenia kamery v časti Camera Control (obr. 3.4). 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.



Obr. 3.3: Obrázok 3 - Zobrazenie Nastavenia kamery.

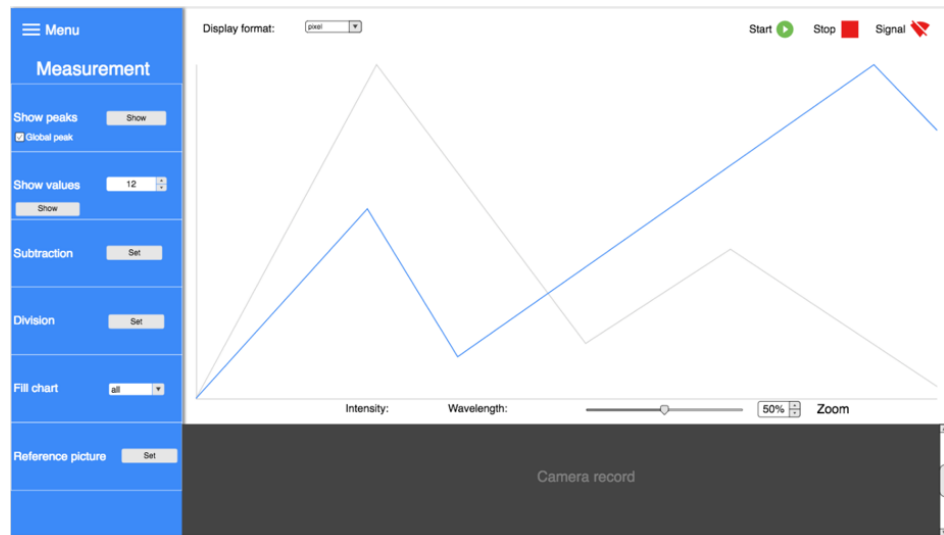


Obr. 3.4: Obrázok 4 - Nastavenia kamery 2.

### 3.3.4 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 prejaví zmeny na grafe. Ďalšou možnosťou je možnosť vyplnenia plochy grafu farbami zvoleného výrezu (Fill chart).

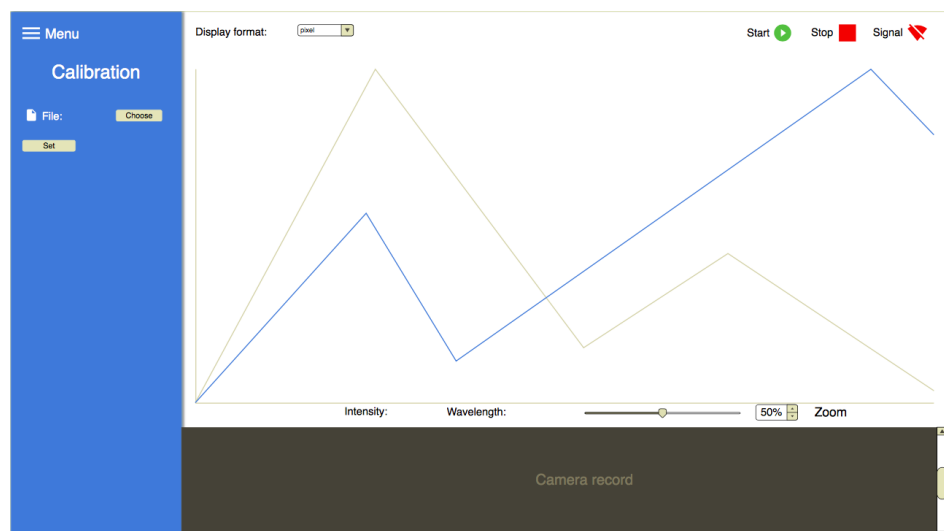
V tejto funkcionalite si používateľ musí najskôr vybrať farbu z RGB a po potvrdení výberu sa z grafu odfiltrujú ostatné farebné zložky a v grafe zostane iba vybraná farba. Preddefinovaná hodnota all zobrazuje všetky farby súčasne (červená, modrá, žltá, zelená). Poslednou možnosťou je Reference picture, ktorá umožňuje používateľovi uložiť tvz. referenčnú snímku stlačením tlačidla Set na ďalšie operácie.



Obr. 3.5: Obrázok 5 - Zobrazenie v časti Meranie.

### 3.3.5 Zobrazenie v časti Kalibrácia

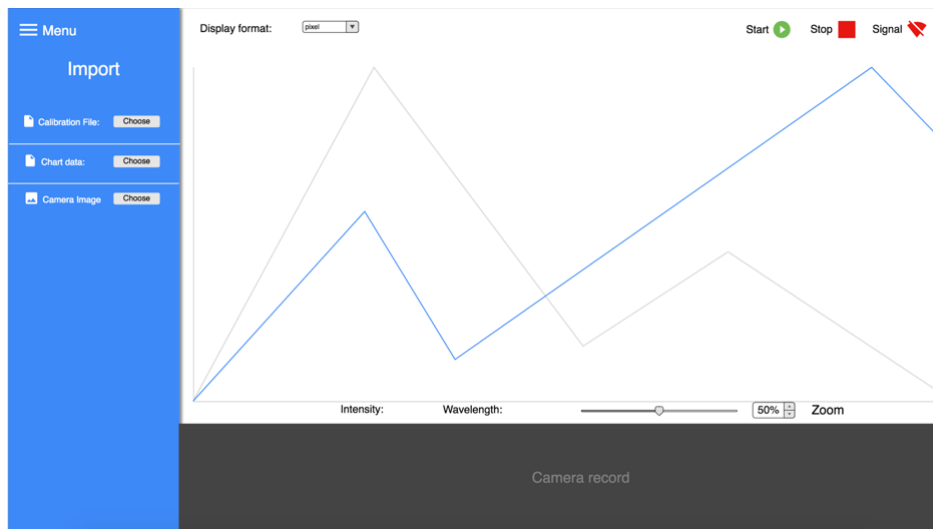
Plocha programu v časti Kalibrácia umožňuje používateľovi kalibrovať spektrometer pomocou kalibračného súboru, ktorý si používateľ vyberie možnosťou Choose a potvrdí tlačidlom Set.



Obr. 3.6: Obrázok 6 - Zobrazenie v časti Kalibrácia.

### 3.3.6 Zobrazenie v časti Import

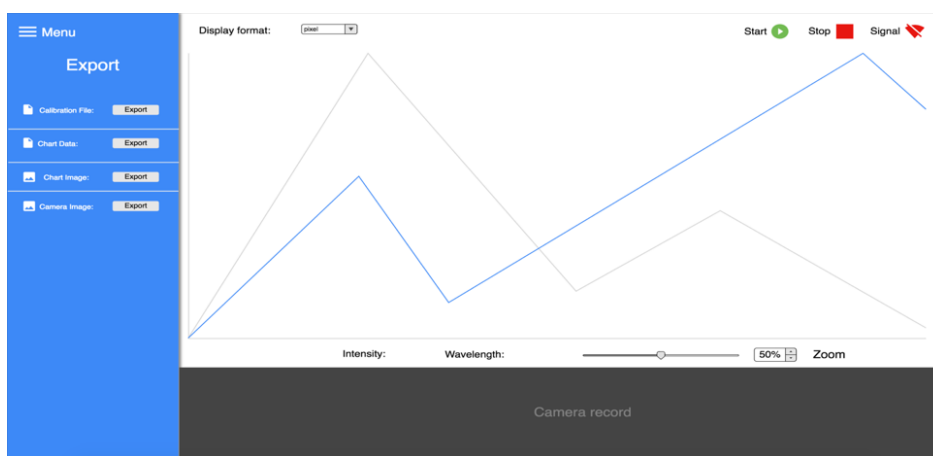
V časti Import si používateľ vie zobrazíť uložené údaje z formátov .txt a .png a znovu ich načítať do aplikácie. Po vybratí možnosti sa zobrazí modálne okno s výberom príslušného súboru na import.



Obr. 3.7: Obrázok 7 - Zobrazenie v časti Import.

### 3.3.7 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.



Obr. 3.8: Obrázok 8 - Zobrazenie v časti Export.

## 3.4 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.

### 3.4.1 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

### 3.4.2 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.

### 3.4.3 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.

### 3.4.4 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, priemerovaní dát v grafe použijeme vlastné metódy v jazyku C# (2.5.2.1 – k), l); 2.5.2.2 – a), c), e), f).

### 3.4.5 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 .NET 3.0.



- **MainMenu**

Triedu MainMenu je vidno na obrázkoch modrou farbou vľavo. Obsahuje MenuComponenty presnejšie popísané v používateľskom rozhraní 3.3.2:

- (i) **ExportViewer**

Trieda ExportViewer pomocou tlačidiel v komponente volá funkcie z triedy Export, na ktorú má referenciu a pomocou nej sa exportujú zvolené dáta, opísané v kapitole 3.3.7.

- (ii) **ImportViewer**

Trieda ImportViewer sa správa dosť podobne ako trieda ExportViewer. Má v sebe referenciu na objekt Import pomocou, ktorého sa dajú importovať všetky možné importy. Táto trieda je lepšie opísaná v kapitole 3.3.6.

- (iii) **CalibrationViewer**

Trieda CalibrationViewer má v sebe referenciu na struct Calibration, z ktorého zobrazuje a doňho nastavuje kalibračné. Komponent lepšie opísaný v kapitole 3.3.5.

- (iv) **MeasurementViewer**

Táto trieda nastavuje možnosti zobrazovania grafu a to tak, že nastavuje hodnoty vo svojej referencii na struct GraphData. Čo presne sa v ňom dá nastavovať je popísané v kapitole 3.3.2.

- (v) **CameraViewer**

V triede CameraViewer si používateľ nastavuje možnosti kamery, presnejšie popísané v kapitole 3.3.4. Na ich nastavenie používa funkcie zo svojej referencie na CameraController. Ďalej sa do nej posielajú obrázky na zobrazenie z triedy ImageController, 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 3.3.1 a 3.3.2. To je napríklad zobrazovanie maxím.

- **TopToolBar**

TopToolBar trieda pomocou svojej referencie na CameraController, spúšťa a vypína kameru.

- **CameraRecordViewer**

Trieda CameraRecordViewer spracováva obrázok z triedy ImageController, 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.

#### 3.4.7.2 Logika aplikácie

##### CameraController

Obsahuje funkciu na vypísanie všetkých dostupných kamier, ktoré si pýta CameraViewer. Má implementované funkcie na zapnutie a vypnutie kamery, zobrazenie nastavení kamery. Výsledné obrázky posiela do ImageHolderu.

##### ImageController

Má v sebe referenciu na CameraViewer do ktorého posiela aktuálnu snímku z ImageHoldera. Ďalej má referenciu na ImageCalculator pomocou, ktorého priemeruje snímky a dokáže z vybraných riadkov spraviť jednorozmerné pole, ktoré neskôr môže využiť GraphController. Ďalšia trieda, o ktorej vie je ImageHolder, z ktorej si vyberá snímky na spriemerovanie a ukladá do nej spriemerovanú snímku. Posledná referencia je na CameraRecordViewer, do ktorej posiela spriemerovanú(aktuálnu) snímku z ImageHoldera spolu s riadkami, ktoré ma používateľ vybrané.

## **ImageHolder**

V triede sa ukladajú snímky z kamery, ktoré sa podľa potreby spriemerujú a následne sa ukladá aj spriemerovaný snímok. Ďalej si pamätá počet priemerovaných obrázkov, výšku vybraného riadku a počet vybraných riadkov.

## **ImageCalculator**

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

## **GraphController**

Trieda GraphController má v sebe referenciu na GraphData, do ktorého si ukladá hodnoty grafu a číta z nej všetky potrebné údaje. Ďalšiu referenciu má na GraphViewer, v ktorom pomocou informácií z GraphData vykresľuje graf. Pomocou referencie na PixelConverter dokáže hodnoty pixelov prekonvertovať do vlnovej dĺžky. Z referencie na ImageController si vyberá potrebné dáta z priemerovanej snímky.

## **GraphData**

Je štruktúra, v ktorej sú uložené dáta grafu. To sú: hodnoty grafu(hodnoty pixelov/nanometrov), či má zobrazovať vrcholy, od akej hodnoty má zobrazovať vrcholy, či sa zobrazuje po zložkách farieb, RGB naraz alebo v nanometroch, či má vyplniť graf, či odčítavať alebo deliť a pamätá si aj hodnoty takzvanej referenčnej snímky.

## **PixelConverter**

V triede sa prepočítavajú dáta pixelov do vlnovej dĺžky, pomocou kalibračných bodov, ktoré získava pomocou referencie na Calibration.

### **Calibration**

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

### **Import**

Trieda sa stará o import kalibračných údajov do štruktúry Calibration a obrázka snímky do triedy ImageHolder, na ktoré má referenciu.

### **Export**

Trieda sa stará o export grafu z GraphData, kalibračných údajov z Calibration a snímku z ImageHolder, na ktoré má referenciu.

## **3.5 Cieľové prostredie**

Aplikácia bude bežať na operačnom systéme windows (2.5.1 - ii) ). Pre funkčnosť aplikácie bude potrebné mať v systéme windows nainštalovaný framework .NET s verziou 4.7 alebo novšiu. Na vytváranie nových snímok a pozeranie ich na grafe bude potrebné mať pripojenú web kameru. Ďalšou možnosťou pre pozeranie grafu je načítanie vlastnej snímky.

# Kapitola 4

## Testovacie scenáre

\*medzi testovacími scenármi je postupnosť zhora nadol (skoršie akcie sú navrchu)

### 4.1 Testovací scenár prístupu k systému z pohľadu používateľa

**Akcia:** Používateľ pripojí do počítača, pomocou USB kábla, zariadenie spektrometra.

**Reakcia :** Nainštaluje sa driver kamery spektrometra.

**Akcia:** Používateľ spustí na platforme Windows .exe aplikáciu na získavanie dát zo spektrometra.

**Reakcia:** Otvorí sa hlavné okno aplikácie, kde si môže zvoliť z pripojených zariadení, ak je pripojená jediná kamera, je automaticky zvolená.

**Akcia:** Používateľ stlačí tlačidlo Štart.

**Reakcia:** v aplikácii sa začnú zobrazovať snímky zo spektrometra, ktoré zobrazí pod grafom v rozlíšení so šírkou 1280px a k nim príslušný graf s RGB zložkami snímky.

**Akcia:** Používateľ klikne na tlačidlo kalibrácia.

**Reakcia:** Zobrazí sa ponuka funkcií pre kalibráciu dát v grafe.

**Akcia:** Používateľ zadá do funkcie kalibračné body zo zariadenia.

**Reakcia:** Graf zobrazí nové nakalibrované hodnoty pomocou kalibračnej paraboly.

**Akcia:** Používateľ zvolí tlačidlo pre vloženie kalibračného súboru.

**Reakcia:** Otvorí sa okno s výberom .txt súboru z disku počítača.

**Akcia:** Používateľ si zvolí .txt súbor s kalibračnými bodmi.

**Reakcia:** Graf zobrazí nové na kalibrované hodnoty pomocou kalibračnej paraboly.

**Akcia:** Používateľ stlačí tlačidlo Stop.

**Reakcia:** Program prestane získavať nové snímky z kamery.

**Akcia:** Používateľ odpojí zariadenie.

**Reakcia:** Systém vizuálne notifikuje používateľa o aktuálnom stave zariadení.

**Akcia:** Používateľ stlačí tlačidlo exit (červený krížik v pravom hornom rohu hlavného okna aplikácie).

**Reakcia:** Aplikácia si zapamätá údaje (nastavenia kamery, poslednú použitú cestu pri exporte a importe, ...) do konfiguračného súboru, pre obnovenie nastavení, pri opätovnom spustení aplikácie a vypne sa.

## 4.2 Testovací scenár ovládania kamery z pohľadu používateľa

**Akcia:** Používateľ klikne na tlačidlo Camera Settings.

**Reakcia:** Zobrazí sa okno s nastaveniami kamery.

**Akcia:** Používateľ zvolí expozičný čas.

**Reakcia:** Expozičný čas kamery sa zmení.

**Akcia:** Používateľ klikne na tlačidlo Export.

**Reakcia:** zobrazí sa ponuka funkcií pre exportovanie dát z aplikácie.

**Akcia:** Používateľ zvolí funkciu pre export grafu do .txt súboru.

**Reakcia:** Zobrazí sa okno, kde si môže používateľ zvoliť kam sa uloží .txt súbor.

**Akcia:** Používateľ nezadá špecifické miesto a stlačí v okne tlačidlo exportovať.

**Reakcia:** Hodnoty grafu sa zapíšu do .txt súboru, ktorý sa uloží na defaultné, programovo nastavené miesto na disku.

**Akcia:** Používateľ zvolí funkciu pre export snímky z kamery vo formáte .png.

**Reakcia:** Zobrazí sa okno, kde si môže používateľ zvoliť kam sa uloží .png snímka.

**Akcia:** Používateľ zadá špecifické miesto na disku a stlačí v okne tlačidlo exportovať.

**Reakcia:** Snímka sa uloží na miesto na disku, ktoré používateľ zadal v okne exportu.

**Akcia:** Používateľ zvolí funkciu pre export Kalibračného súboru vo formáte .txt.

**Reakcia:** Zobrazí sa okno so súborovým priečinkom na disku s poslednou známou cestou.

**Akcia:** Používateľ nezadá špecifické miesto na disku a stlačí tlačidlo exportovať.

**Reakcia:** Kalibračný súbor sa vytvorí na miesto s poslednou známou cestou (poslednou použitou cestou predošlého exportu).

**Akcia:** Používateľ stlačí tlačidlo Menu.

**Reakcia:** Zatvorí sa panel s funkciami pre export.

**Akcia:** Používateľ klikne na funkciu import.

**Reakcia:** Zobrazí sa panel s funkciami pre import.

**Akcia:** Používateľ si zvolí import obrázka

**Reakcia:** Otvorí sa okno s výberom .png súboru.

**Akcia:** Používateľ si zvolí súbor na disku a stlačí tlačidlo zvoliť.

**Reakcia:** V hlavnom okne aplikácie sa zobrazí naimportovaný obrázok.

### 4.3 Testovací scenár ovládania grafu

**Akcia:** Používateľ klikne na riadok v obrázku pod grafom, alebo zadá číslo riadku do textového poľa.

**Reakcia:** V obrázku pod grafom sa označí riadok, graf zobrazí dáta zo zvoleného riadka.

**Akcia:** Používateľ zadá rozsah riadkov okolo zvoleného riadka.

**Reakcia:** V obrázku pod grafom sa vyznačí zvolená oblasť snímky, graf zobrazí zo zvoleného výrezu snímky priemernú hodnotu zo zvoleného výrezu snímky.

**Akcia:** Používateľ potočí kolieskom na myši, s kurzorom myši nad grafom.

**Reakcia:** Upraví sa veľkosť grafu so stredom, podľa kurzora myši.

**Akcia:** Používateľ klikne na tlačidlo Measurements.

**Reakcia:** otvorí sa okno s funkciami na grafe.

**Akcia:** Používateľ zvolí funkciu na zobrazenie maxím v grafe, kde zadá hodnotu, ktorá zvýrazňuje vrcholy vyššie ako je zadaná hodnota.

**Reakcia:** Na grafe sa zvýraznia hodnoty, ktoré prevyšujú zadanú hodnotu.

**Akcia:** Používateľ zvolí režim zobrazenia dát v grafe na režim v Pixeloch.

**Reakcia:** Graf zmení zobrazenie dát na režim v pixeloch.

**Akcia:** Používateľ stlačí tlačidlo na zachytenie referenčnej snímky (použitej pre ďalšie výpočty v grafe).

**Reakcia:** Aplikácia si uloží aktuálne dáta z grafu, zobrazené v čase zaznamenávania referenčnej snímky.

**Akcia:** Používateľ zvolí funkciu Subtraction.

**Reakcia:** Graf zobrazí dáta po odčítaní RGB zložiek aktuálnej snímky a referenčnej snímky.



## 4.4 Testovací scenár kalibrácie spektrometra

**Akcia:** Požívateľ klikne na v menu na tlačidlo Kalibrácie.

**Reakcia:** Zobrazí sa ponuka Kalibrácie.

**Akcia:** Používateľ klikne na tlačidlo výberu súboru.

**Reakcia:** Používateľovi sa zobrazí modálne okno s možnosťou výberu adresáru a následne súboru.

**Akcia:** Potvrdení výberu.

**Reakcia:** Program vypočíta parametre kalibračnej paraboly, na základe, ktorej sa prejaví zmeny na grafe.

## Kapitola 5

### Používateľská príručka

#### 5.1 Ovládanie aplikácie

# Kapitola 6

## Inštaláčná príručka

### 6.1 Systémové požiadavky

### 6.2 Inštalácia

## Záver

Správa opisuje vývoj systému k optickému spektrometru od návrhu až po kompletnú implementáciu s dokumentáciou. K vývoju systému sme od začiatku pristupovali zodpovedne. Snažili sme sa aby náš výsledny produkt zodpovedal požiadavkam, predstavám zadávateľa a aby bol v budúcnosti dobre využiteľný. Myslíme, že tento cieľ sa nám podarilo splniť. Práca na tomto projekte nám dala presnú predstavu o práci v tíme, rozdeľovaní úloh a dodržiavaní stanových termínov.