

# **Finálny dokument**

**Vision Lab – fyzikálne experimenty**

**Skupina SEJ2**

**Soňa Senkovičová, Erik Szalay, Jozef Kubík, Juraj Vetrák**

**6.2.2019**

**Obsah dokumentu**

<b>1. ÚVOD</b>	<b>3</b>
1.1 ÚČEL DOKUMENTU	3
<b>2. KATALÓG POŽIADAVIEK</b>	<b>4</b>
<b>2.1 POPIS SEKcie</b>	<b>4</b>
2.1.1 ÚČEL KATALÓGU POŽIADAVIEK	4
2.1.2 ROZSAH SYSTÉMU	4
2.1.3 REFERENCIE	4
<b>2.2 VŠEOBECNÝ POPIS</b>	<b>5</b>
2.2.1 PERSPEKTÍVA PRODUKTU	5
2.2.2 FUNKCIE PRODUKTU	5
2.2.3 CHARAKTERISTIKA POUŽÍVATEĽOV	5
2.2.4 VŠEOBECNÉ OBMEDZENIA	5
2.2.5 PREDPOKLADY A ZÁVISLOSTI	6
<b>2.3 POŽIADAVKY</b>	<b>6</b>
2.3.1 POŽIADAVKY Z HĽADISKA EXTERNÉHO ROZHRAŇIA (EXTERNAL INTERFACE REQUIREMENTS)	6
2.3.1.1 <i>Užívateľské rozhrania</i>	6
2.3.1.2 <i>Hardvérové rozhrania</i>	6
2.3.1.3 <i>Softvérové rozhrania</i>	7
2.3.1.4 <i>Komunikačné rozhrania</i>	7
2.3.2 POŽIADAVKY NA FUNKCIE	7
2.3.2.1 <i>Zobrazenie záznamu z webovej kamery v reálnom čase</i>	7
2.3.2.2 <i>Grafické zvýraznenie snímaného objektu</i>	7
2.3.2.3 <i>Nastavenie rozlíšenia webovej kamery</i>	7
2.3.2.4 <i>Nastavenie expozície webovej kamery</i>	7
2.3.2.5 <i>Spustenie a zastavenie snímania</i>	8
2.3.2.6 <i>Reštartovanie snímania</i>	8
2.3.2.7 <i>Export dokumentácie z pozastavaného záznamu</i>	8
2.3.2.8 <i>Export štatistických údajov z grafu</i>	8
2.3.2.9 <i>Výber webovej kamery</i>	8
2.3.2.10 <i>Vykreslenie grafu</i>	8
2.3.2.11 <i>Nastavenie vykresľovania grafu</i>	8
2.3.2.12 <i>Nastavenie parametrov kyvadla</i>	9
2.3.2.13 <i>Manipulácia s grafom</i>	9
2.3.2.14 <i>Kalibrácia webovej kamery</i>	10
2.3.2.15 <i>Konfiguračný súbor</i>	10
2.3.2.16 <i>Vzorkovacia frekvencia snímania kamerou</i>	10
2.3.3 POŽIADAVKY, KTORÉ SA NEVZŤAHUJÚ NA FUNKCIONALITU	10
2.3.3.1 <i>Implementačné požiadavky</i>	10
2.3.3.2 <i>Požiadavka na sledované objekty</i>	11
2.3.3.3 <i>Požiadavky na štandard</i>	11
2.3.3.4 <i>Prispôsobenie detskému užívateľovi</i>	12
2.3.3.5 <i>Návod na používanie</i>	12
<b>3. NÁVRH</b>	<b>12</b>
<b>3.1 POPIS SEKcie</b>	<b>12</b>
3.1.1 O NÁVRHU	12
3.1.2 POUŽÍVANÉ DEFINÍCIE, AKRONYMY A SKRATKY	12
<b>3.2 ŠPECIFIKÁCIA VONKAJŠÍCH INTERFEJSOV</b>	<b>12</b>
3.2.1 KAMERA	12

<b>3.3 FORMÁTY SÚBOROV</b>	<b>13</b>
3.3.1 AKTUÁLNA SNÍMKA Z WEBOVEJ KAMERY V POZASTAVENOM ZÁZNAME – JPG	13
3.3.2 AKTUÁLNY ZÁZNAM GRAFU - PNG	14
3.3.3 EXPORT DOKUMENTU Z POZASTAVENÉHO ZÁZNAMU – PDF	14
3.3.4 EXPORT SUROVÝCH DÁT Z MERANIA – CSV	15
3.3.5 IMPORT AJ EXPORT KONFIGURAČNÉHO SÚBORU – TXT	15
<b>3.4 POUŽÍVATEĽSKÉ ROZHRANIE</b>	<b>15</b>
3.4.1 HLAVNÁ OBRAZOVKA	15
3.4.2 SPUSTENÉ MERANIE	16
3.4.3 EXPORTOVANIE ÚDAJOV	16
3.4.4 KOMENTÁR POUŽÍVATEĽA	17
3.4.5 NASTAVENIE GRAFU A KYVADLA	17
3.4.6 NASTAVENIE WEBOVEJ KAMERY	18
3.4.7 POPIS	18
<b>3.5 NÁVRH IMPLEMENTÁCIE</b>	<b>19</b>
3.5.1 PREHĽAD POUŽÍVANÝCH TECHNOLOGIÍ	19
3.5.1.1 Programovací jazyk	19
3.5.1.2 Knižnica pre manipuláciu s počítačovou grafikou	19
3.5.1.3 Knižnice pre tvorbu užívateľského prostredia	20
3.5.1.4 Knižnica pre generovanie PDF dokumentov	20
3.5.1.5 Knižnica pre vykresľovanie grafu	21
3.5.2 VÝPOČET VELIČÍN ZOBRAZOVANÝCH V GRAFE	21
3.5.2.1 Aktuálna výchylka	21
3.5.2.2 Rýchlosť, Kinetická energia, Potenciálna energia, Perióda, Maximálna Výchylka	22
3.5.2.3 Zrýchlenie	23
3.5.2.4. Uhlové Zrýchlenie	23
3.5.2.5 Uhlová rýchlosť	24
3.5.3 DIAGRAMY	25
3.5.3.1 Komponentový diagram	25
3.5.3.2 Triedny diagram	26
3.5.3.3 Stavový diagram	27
3.5.4 CIEĽOVÉ PROSTREDIE NASADENIA DO PREVÁDZKY	28
<b>4. TESTOVACIE SCENÁRE</b>	<b>29</b>
<b>4.1 POPIS SEKcie</b>	<b>29</b>
4.1.1 ÚČEL KATALÓGU POŽIADAVIEK	29
<b>4.2 TESTOVACIE SCENÁRE</b>	<b>29</b>

# 1. Úvod

## 1.1 Účel dokumentu

Účelom tohto dokumentu je združiť dokumenty Katalóg požiadaviek, Návrh a Testovacie scenáre do výsledného, finálneho dokumentu.

## **2. Katalóg požiadaviek**

### **2.1 Popis sekcie**

#### **2.1.1 Účel katalógu požiadaviek**

Účelom tohto dokumentu je opísať vlastnosti pripravovaného softvéru a jednoznačne charakterizovať základné požiadavky na jeho tvorbu. Dokument je určený pre všetkých stakeholderov, t.j. pre zadávateľov projektu, pre vývojárov projektu (SEJ2) a pre vyučujúceho predmetu Tvorba informačných systémov.

#### **2.1.2 Rozsah systému**

Vyvíjaný softvér slúži ako analytický nástroj pri sledovaní fyzikálneho javu – pohybu kyvadla. Jeho hlavným účelom bude umožniť používateľovi pozorovať a vyhodnotiť fyzikálny jav – kmitanie kyvadla. Samotné pozorovanie bude realizované v dvoch zložkách, a to video v reálnom čase, kde užívateľ vidí samotný objekt na obrazovke zariadenia a vedľa vidí graf, ktorý popisuje stav objektu na kamere v aktuálnom čase. Užívateľ môže softvér využiť na edukačný a prezentačný účel. Softvér tak používateľovi umožní lepšie pochopiť skúšaný experiment a použiť namerané údaje na ďalšie skúmanie.

#### **2.1.3 Referencie**

[1] Motion tracking - Physics - WebCam Laboratory

<https://www.youtube.com/watch?v=TwBuhUa1xMQ>

[2] Textový záznam zo stretnutia so zadávateľom

[https://github.com/TIS2018-FMFI/visionlab-fyzikalne-experimenty/blob/docs/documentation/zaznam\\_zo\\_stretnutia\\_sej2.pdf](https://github.com/TIS2018-FMFI/visionlab-fyzikalne-experimenty/blob/docs/documentation/zaznam_zo_stretnutia_sej2.pdf)

[3] Šedivý, M. Matematické Kyvadlo.

<https://github.com/TIS2018-FMFI/visionlab-fyzikalne-experimenty/blob/docs/documentation/InformacieOKyvadle-Vdoviak/>

## 2.2 Všeobecný popis

### 2.2.1 Perspektíva produktu

Produkt bude predovšetkým využívaný študentmi a učiteľmi na školách. Budú ho môcť použiť pri experimentoch s kyvadlami, kde sa merajú a zaznamenávajú údaje. Tie sa následne dajú uložiť a porovnávať. Môže slúžiť aj ako doplnok pri prednáške učiteľa, keďže učiteľ/ka vie už vopred namerané hodnoty odprezentovať.

### 2.2.2 Funkcie produktu

Aplikácia sa zameriava na sledovanie lankového kyvadla a analýzu jeho fyzikálnych vlastností v grafe. Používatelia môžu pozorovať záznam pohybu kyvadla v reálnom čase vďaka webovej kamere a graf, ktorý vykresľuje jeden z ponúkaných údajov [\[3.2.11\]](#).

Tieto údaje sa dajú uložiť do PDF, v ktorom sa bude nachádzať snímka kamery s grafom a vypočítané hodnoty zvolených veličín. Hodnoty sa budú dať uložiť aj do CSV formátu. Aplikácia ponúka aj možnosť sledovať staršie časti grafu, ktoré už nie sú na obrazovke a to pomocou horizontálneho scrollbaru. Záznam vykresľovania grafu sa dá pozastaviť a znova spustiť. V prípade, že bude do zariadenia pripojených viac webových kamier, užívatelia si budú môcť určiť, ktorú má aplikácia využívať, alebo bude pridelená systémom automaticky.

Rozlíšenie webovej kamery, ktorá sníma kyvadlo, sa dá nastaviť. V rámci zobrazovania záznamu v reálnom čase sa bude kyvadlo zvyrazňovať jasnou farbou, kvôli lepšej viditeľnosti na obrazovke. V aplikácii si používateľ môže zdefinovať hmotnosť závažia na sledovanom kyvadle, čo umožní skúmať údaje súvisiace s energiou kyvadla.

### 2.2.3 Charakteristika používateľov

Aplikáciu budú využívať učitelia a študenti pri edukačnej činnosti. Študenti v rámci „experimentov“ budú môcť sledovať zmenu fyzikálnych vlastností pozorovaného kyvadla v reálnom čase. Namerané údaje si budú môcť uložiť aj pre budúce pozorovania. Učitelia budú môcť vylepšiť interaktivitu vyučovania použitím zistených dát. Môžu ich namaľovať, uložiť a potom v triede odprezentovať alebo použiť aplikáciu priamo na vyučovaní.

### 2.2.4 Všeobecné obmedzenia

Na projekte pracuje štvorčlenná skupina pozostávajúca zo študentov tretieho ročníka odboru Aplikovaná informatika na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského. Funkčný softvér musí byť vyhotovený do 31.01.2019, a to vrátane dokumentácie. Program musí byť funkčný, odladený, pričom sa hlavne prihliada na jeho stabilitu a jednoduché používateľské rozhranie.

### **2.2.5 Predpoklady a závislosti**

Predpokladá sa, že užívatelia vedia narábať s počítačom, myšou, klávesnicou, USB webovou kamerou. Vedia umiesniť kyvadlo so stojanom pred webovú kameru. Užívateľ musí spustiť meranie a zabezpečiť, aby bolo celé kyvadlo, vrátane svojich výchyliek v zábere webovej kamery. Musí zabezpečiť, že v zábere webovej kamery nebude iný pohybujúci sa objekt, okrem sledovaného kyvadla a farba sledovaného kyvadla bude v kontraste s pozadím záberu.

## **2.3 Požiadavky**

### **2.3.1 Požiadavky z hľadiska externého rozhrania (External Interface Requirements)**

#### **2.3.1.1 Užívateľské rozhrania**

##### *2.3.1.1.1 Užívateľské prostredie*

Užívateľské prostredie aplikácie by malo tvoriť jedno komplexné okno, na ktorom sú umiestnené všetky funkcionality potrebné pre užívateľa.

##### *2.3.1.1.2 Ovládanie aplikácie*

Užívateľ by mal aplikáciu ovládať predovšetkým pomocou myši a klávesnice.

#### **2.3.1.2 Hardvérové rozhrania**

#### *2.3.1.2.1 Desktop*

#### *2.3.1.2.2 Zabudovaná alebo externá webová kamera*

#### **2.3.1.3 Softvérové rozhrania**

Aplikácia bude vyžadovať nainštalovaný operačný systém Windows od verzie 7. Spúšťanie na iných populárnych operačných systémoch ako Linux, MacOS nie je zamýšľané.

#### **2.3.1.4 Komunikačné rozhrania**

Ak bude použitá externá webová kamera, tak bude pripojená výhradne cez rozhranie USB.

### **2.3.2 Požiadavky na funkcie**

#### **2.3.2.1 Zobrazenie záznamu z webovej kamery v reálnom čase**

Aplikácia bude na veľkej časti obrazovky vľavo zobrazovať živý záznam z webovej kamery.

#### **2.3.2.2 Grafické zvýraznenie snímaného objektu**

V prípade umiestnenia kyvadla pred webovú kameru s kontrastným pozadím sa poloha snímaného kyvadla farebne zvýrazní.

#### **2.3.2.3 Nastavenie rozlíšenia webovej kamery**

Priamo v rozhraní aplikácie možnosť nastaviť rozlíšenie webovej kamery.

#### **2.3.2.4 Nastavenie expozície webovej kamery**

Pokiaľ to kamera umožňuje, v rozhraní aplikácie bude možnosť nastaviť aj expozíciu webovej kamery.

#### **2.3.2.5 Spustenie a zastavenie snímania**

Po spustení aplikácie musí užívateľ ešte spustiť snímanie kamery tlačidlom. Následne môže užívateľ v akomkoľvek okamihu tlačidlom zastaviť obraz z webovej kamery, pričom sa zastaví aj graf a môže odsledovať aktuálnu situáciu.

#### **2.3.2.6 Reštartovanie snímania**

Užívateľ môže zastavené snímanie [\[2.3.2.5\]](#) kedykoľvek znovu spustiť (rovnakým tlačidlom ako pri prvotnom spustení záznamu) a začať tým nové meranie.

#### **2.3.2.7 Export dokumentácie z pozastavaného záznamu**

Zastavený záznam [\[2.3.2.5\]](#) si užívateľ môže stlačením tlačidla vyexportovať do dokumentu PDF, v ktorom sa bude nachádzať daná snímka z kamery, ako aj príslušný graf a vypočítané hodnoty zo zvolených veličín. Doplnený bude užívateľovým komentárom, ktorý zadá do textového poľa v aplikácii.

#### **2.3.2.8 Export štatistických údajov z grafu**

Užívateľ môže stlačením tlačidla exportovať z pozastaveného záznamu [\[2.3.2.5\]](#) údaje, ktoré si zvolí, a to do formátu CSV.

#### **2.3.2.9 Výber webovej kamery**

Užívateľ má v prípade viacerých dostupných webových kamier možnosť zvoliť si preferovanú. Inak aplikácia automaticky detekuje zariadenie.

#### **2.3.2.10 Vykreslenie grafu**

Na veľkej časti pravej strany obrazovky bude vykreslovaný dvojrozmerný graf. Na osi x bude ukazovateľ času a na osi y zvolená veličina [\[3.2.11\]](#).

#### **2.3.2.11 Nastavenie vykreslovania grafu**

Užívateľ si môže nastaviť, akú veličinu chce zobrazovať na grafe. Na výber bude mať nasledovné:



- Aktuálna výchylka (na osi x, na osi y, prejdenná vzdialenosť od rovnovážnej polohy a uhlová výchylka)
- Rýchlosť
- Zrýchlenie
- Uhlová rýchlosť
- Uhlové zrýchlenie
- Potenciálna energia
- Kinetická energia
- Maximálna výchylka (na osi x, na osi y, vzdialenosť, uhol) \*
- Perióda \*
- Frekvencia \*

Pri veličinách označených hviezdíčkou sa do grafu bude vykresľovať jeden bod pri každom celkovom kmite kyvadla.

### **2.3.2.12 Nastavenie parametrov kyvadla**

Užívateľ má možnosť kvôli čo najväčšej správnosti vykresľovania niektorých údajov manuálne nastaviť niekoľko parametrov kyvadla. Všetky nastavenie kyvadla budú prístupné v novom dialógovom okne po stlačení príslušného tlačidla.

#### *2.3.2.12.1 Nastavenie hmotnosti závažia*

#### *2.3.2.12.2 Nastavenie gravitačného zrýchlenia v geografickej oblasti merania*

#### *2.3.2.12.3 Nastavenie dĺžky závesu kyvadla*

### **2.3.2.13 Manipulácia s grafom**

#### *2.3.2.13.1 História grafu*

Užívateľ má možnosť nahliadnuť do histórie vykresľovaného grafu pomocou horizontálneho scrollbaru.

#### *2.3.2.13.2 Priblíženie grafu*

Užívateľ môže pomocou skrolovacieho koliečka myši priblížiť alebo oddialiť vykreslené hodnoty na grafe, pričom sa mení iba os x (škálovanie hodnôt času). Os y ostane nezmenená.

#### **2.3.2.14 Kalibrácia webovej kamery**

Webová kamera sa pri splnení všetkých predpokladov [\[2.5\]](#) bude kalibrovať kliknutím na objekt v zábere. Základné nastavenia v súlade s predpokladmi sa budú nachádzať v konfiguračnom súbore.

#### **2.3.2.15 Konfiguračný súbor**

Konfiguračný súbor pre kalibráciu kamery bude obsahovať:

- parametre kalibrácie
- hmotnosť a dĺžka kyvadla
- rozlíšenie kamery
- expozícia kamery
- zvolené jednotky zobrazené v grafe

#### **2.3.2.16 Vzorkovacia frekvencia snímania kamerou**

Zvolená frekvencia snímania kamerou bude maximálna, akú softvér umožňuje. Túto frekvenciu si bude môcť užívateľ v aplikácii meniť.

### **2.3.3 Požiadavky, ktoré sa nevzťahujú na funkcionality**

#### **2.3.3.1 Implementačné požiadavky**

##### *2.3.3.1.1 Vývojové prostredie*

Microsoft Visual Studio

##### *2.3.3.1.2 Programovací jazyk*

C++

##### *2.3.3.1.3 Knihnice pre manipuláciu s počítačovou grafikou*

Open-source knižnica OpenCV. V prípade potreby a dohody so zadávateľom bude použitá komerčná knižnica BCG.

##### *2.3.3.1.4 Knihnice pre tvorbu užívateľského prostredia*

Microsoft Foundation Class (MFC) library.

### **2.3.3.2 Požiadavka na sledované objekty**

#### *2.3.3.2.1 Sledovaný objekt*

Aplikácia bude vedieť pracovať len s fyzikálnym objektom zvaným kyvadlo.

#### *2.3.3.2.2 Vlastnosti sledovaného objektu*

Kyvadlo bude lankové, nie pružinové. Jeho pohyb bude zaznámenávaný “do strán”.

#### *2.3.3.2.3 Rozlíšiteľnosť objektu*

Pre lepšiu rozlíšiteľnosť objektov na zábere z webovej kamery bude samotné ťažidlo kyvadla zvýraznené výraznou farbou.

### **2.3.3.3 Požiadavky na štandard**

#### *2.3.3.3.1 Modulárnosť, interoperabilita a flexibilita*

Aplikácia bude logicky rozdelená na niekoľko modulov ako napríklad práca s kamerou, vykresľovanie grafu, užívateľské prostredie a pod. Je nevyhnutné zabezpečiť jednoduchosť prípadných dodatočných implementácií v budúcnosti. Takisto možnosť spolupráce aplikácie s inými softvérovými riešeniami.

#### *2.3.3.3.2 Efektívnosť*

Aplikácia by mala byť optimalizovaná a nezaťažovať príliš zariadenie, na ktorom beží.

#### *2.3.3.3.3 Jednoduchosť používania*

Aplikácia by mala mať jednoduché užívateľské prostredie, aby miera námahy pri práci, ako aj samotnom spustení aplikácie bola minimálna a vedeli ju obsluhovať rôzne skupiny ľudí.

#### *2.3.3.3.4 Zrozumiteľnosť kódu*

Aplikácia musí byť napísaná zrozumiteľne. V kóde sa musí vyznať samotný autor časti kódu, jeho spolupracovníci, poverená osoba od zadávateľa, ale aj iní študenti informatiky.

#### 2.3.3.4 Prispôsobenie detskému užívateľovi

Softvér by z edukačného hľadiska mali využívať aj deti, rozhranie preto musí byť prívetivé.

#### 2.3.3.5 Návod na používanie

K aplikácii bude priložený stručný návod na používanie.

### 3. Návrh

#### 3.1 Popis sekcie

##### 3.1.1 O návrhu

Účelom tejto sekcie je špecifikovať formu a technologické detaily vývoja aplikácie Vision Lab – Fyzikálne experimenty.

##### 3.1.2 Používané definície, akronymy a skratky

	Popis
PDF	Portable Document Format – súborový formát pre tvorbu dokumentov
JPG/JPEG	Metóda pre stratovú kompresiu digitálnych obrázkov
PNG	Portable Network Graphics – bezstratový formát rastrovej grafiky
CSV	Comma-separated Values – súborový formát vo forme čistého textu
TXT	Jednoduchý textový súbor
OpenCV	Open-source Computer Vision
highgui	High-level GUI and Media I/O

#### 3.2 Špecifikácia vonkajších interfejsov

##### 3.2.1 Kamera

Okrem výstupných súborov popísaných v časti [\[3\]](#) bude aplikácia komunikovať a prijímať vstupy z kamery. Môže ísť o internú kameru alebo kameru pripojenú cez USB. Komunikácia bude zabezpečená prostredníctvom systémového drivera a jeho ovládanie bude zabezpečené aplikačne prostredníctvom knižnice OpenCV a konfiguračného súboru [\[3.5\]](#).

## 3.3 Formáty súborov

### 3.3.1 Aktuálna snímka z webovej kamery v pozastavenom zázname – JPG

Načítanie obrázku (screenshotu) z kamery:

```
#include <opencv2/opencv.hpp>

using namespace cv;

int main( int argc, char** argv ) {
    char* imageName = argv[1];
    Mat image;
    image = imread( imageName, 1 );

    if ( argc != 2 || !image.data ) {
        printf( " No image data \n " );
        return -1;
    }

    imshow( imageName, image ); // prípadné zobrazenie obrázku

    ...
```

Uloženie obrázku (screenshotu) z kamery:

```
...

imwrite( "../images/imageName.jpg", image );
```

Uloženie obrázku sa realizuje do preddefinovaného priečinka, odkiaľ ho bude načítavať libHaru [\[3.3\]](#).

### 3.3.2 Aktuálny záznam grafu - PNG

Graf sa da exportovat do PNG formátu pomocou funkcie PEcopyjpegtofile.

```
POINT p;  
p.x = 600;  
p.y = 500;  
  
LPWSTR strFull = L"graf.png";  
PEcopyjpegtofile(hPE, &p, strFull);
```

Pred spustením funkcie je nutné vytvoriť premenú typu POINT a nastaviť jej dva atribúty – x a y. Tieto znázorňujú výšku a šírku grafu.

Potom sa do premennej typu LPWSTR vloží názov obrázka, aj s koncovou príponou. Funkcia PEcopyjpegtofile vyberie formát obrázku grafu podľa zadanej koncovky v názve. V tomto prípade bude názov končiť “.png”.

Následne sa zavolá funkcia PEcopyjpegtofile s tromi argumentami: premená, ktorá predstavuje graf, ukazovateľ na POINT premenú a premenú s názvom obrázka.

### 3.3.3 Export dokumentu z pozastaveného záznamu – PDF

Inicializácia:

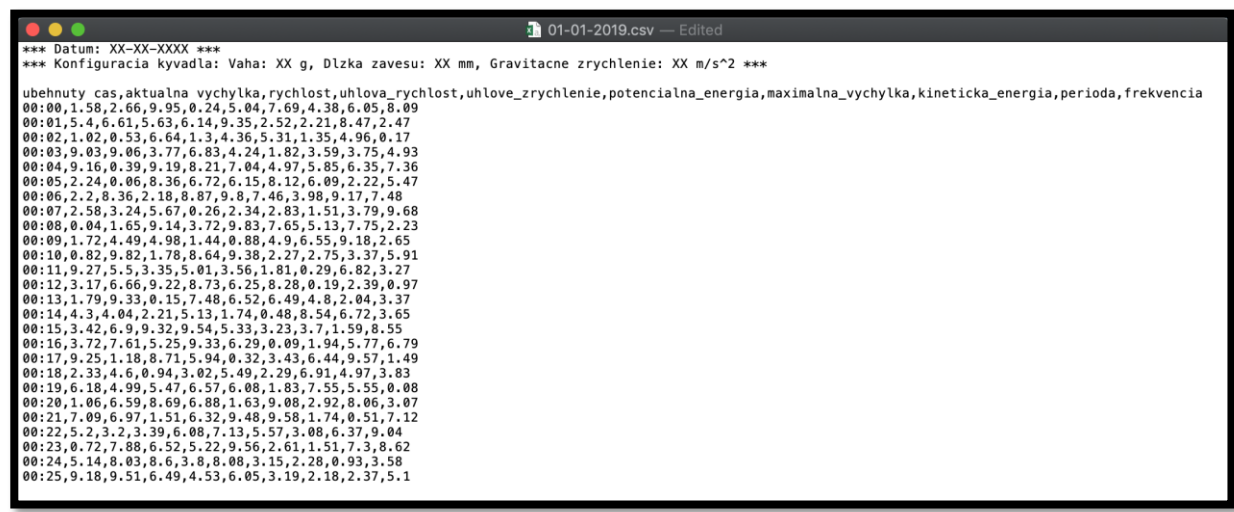
```
CoInitialize(NULL);  
  
IPDFDocument4* PDF = NULL;  
CLSID clsid;  
  
HRESULT hr = CLSIDFromProgID(OLESTR("PDFCreatorPilot.PDFDocument4"), &clsid);  
if (hr != S_OK) {  
    return false;  
}  
  
hr = CoCreateInstance(clsid, 0, CLSCTX_ALL, __uuidof(IPDFDocument4), (LPVOID  
)&PDF);  
if (hr != S_OK) {  
    return false;  
}  
  
PDF->SetLicenseData("demo@demo", "demo");  
PDF->SetTitle("ResultPDF", fcANSI);  
PDF->ProducePDFa = false;  
PDF->Compression = coFlate;
```

Následne sa použijú príkazy pre písanie textu, zmenu písma, prepnutie strany a vloženie obrázku:

```
PDF->ShowTextAt()  
PDF->AddFont(), PDF->UseFont()  
PDF->NewPage();  
PDF->ShowImage();
```

### 3.3.4 Export surových dát z merania – CSV

Formát vygenerovaného súboru počas spusteného merania:



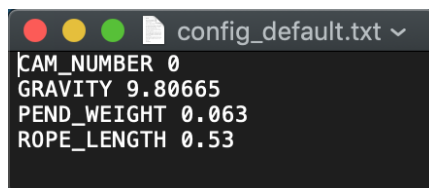
```
*** Datum: XX-XX-XXXX ***
*** Konfiguracia kyvadla: Vaha: XX g, Dlzka zavesu: XX mm, Gravitacne zrychlenie: XX m/s^2 ***

ubehnuty_cas,aktualna_vychylka,rychlost,uholova_rychlost,uholove_zrychlenie,potencialna_energia,maximalna_vychylka,kineticka_energia,perioda,frekvencia
00:00,1.58,2.66,9.95,0.24,5.04,7.69,4.38,6.05,8.09
00:01,5.4,6.61,5.63,6.14,9.35,2.52,2.21,8.47,2.47
00:02,1.02,0.53,6.64,1.3,4.36,5.31,1.35,4.96,0.17
00:03,9.03,9.06,3.77,6.83,4.24,1.82,3.59,3.75,4.93
00:04,9.16,0.39,9.19,8.21,7.04,4.97,5.85,6.35,7.36
00:05,2.24,0.06,8.36,6.72,6.15,8.12,6.09,2.22,5.47
00:06,2.2,8.36,2.18,8.07,9.8,7.46,3.98,9.17,7.48
00:07,2.58,3.24,5.67,0.26,2.34,2.83,1.51,3.79,9.68
00:08,0.04,1.65,9.14,3.72,9.83,7.65,5.13,7.75,2.23
00:09,1.72,4.49,4.98,1.44,0.88,4.9,6.55,9.18,2.65
00:10,0.82,9.82,1.78,8.64,9.38,2.27,2.75,3.37,5.91
00:11,9.27,5.5,3.35,5.01,3.56,1.81,0.29,6.82,3.27
00:12,3.17,6.66,9.22,8.73,6.25,8.28,0.19,2.39,0.97
00:13,1.79,9.33,0.15,7.48,6.52,6.49,4.8,2.04,3.37
00:14,4.3,4.04,2.21,5.13,1.74,0.48,8.54,6.72,3.65
00:15,3.42,6.9,9.32,9.54,5.33,3.23,3.7,1.59,8.55
00:16,3.72,7.61,5.25,9.33,6.29,0.09,1.94,5.77,6.79
00:17,9.25,1.18,8.71,5.94,0.32,3.43,6.44,9.57,1.49
00:18,2.33,4.6,0.94,3.02,5.49,2.29,6.91,4.97,3.83
00:19,6.18,4.99,5.47,6.57,6.08,1.83,7.55,5.55,0.08
00:20,1.06,6.59,8.69,6.88,1.63,9.08,2.92,8.06,3.07
00:21,7.09,6.97,1.51,6.32,9.48,9.58,1.74,0.51,7.12
00:22,5.2,3.2,3.39,6.08,7.13,5.57,3.08,6.37,9.04
00:23,0.72,7.88,6.52,5.22,9.56,2.61,1.51,7.3,8.62
00:24,5.14,8.03,8.6,3.8,8.08,3.15,2.28,0.93,3.58
00:25,9.18,9.51,6.49,4.53,6.05,3.19,2.18,2.37,5.1
```

Riadky súboru sú prebežne generované z triedy Dataset, z ktorej čerpá okrem tohto aj samotný GraphView.

### 3.3.5 Import aj export konfiguračného súboru – TXT

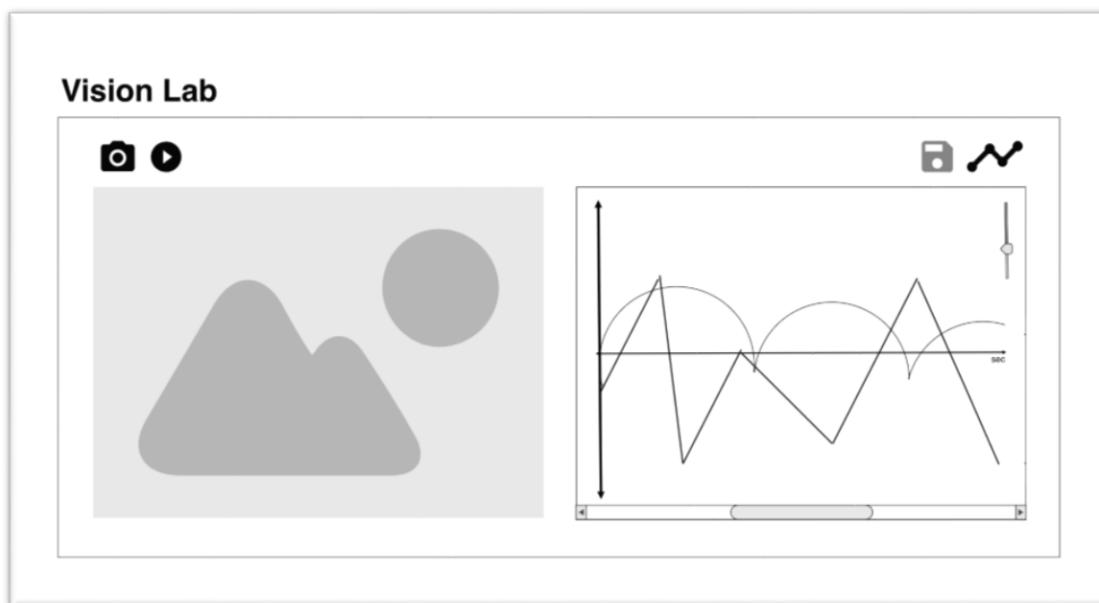
Formát konfiguračného súboru:



```
CAM_NUMBER 0
GRAVITY 9.80665
PEND_WEIGHT 0.063
ROPE_LENGTH 0.53
```

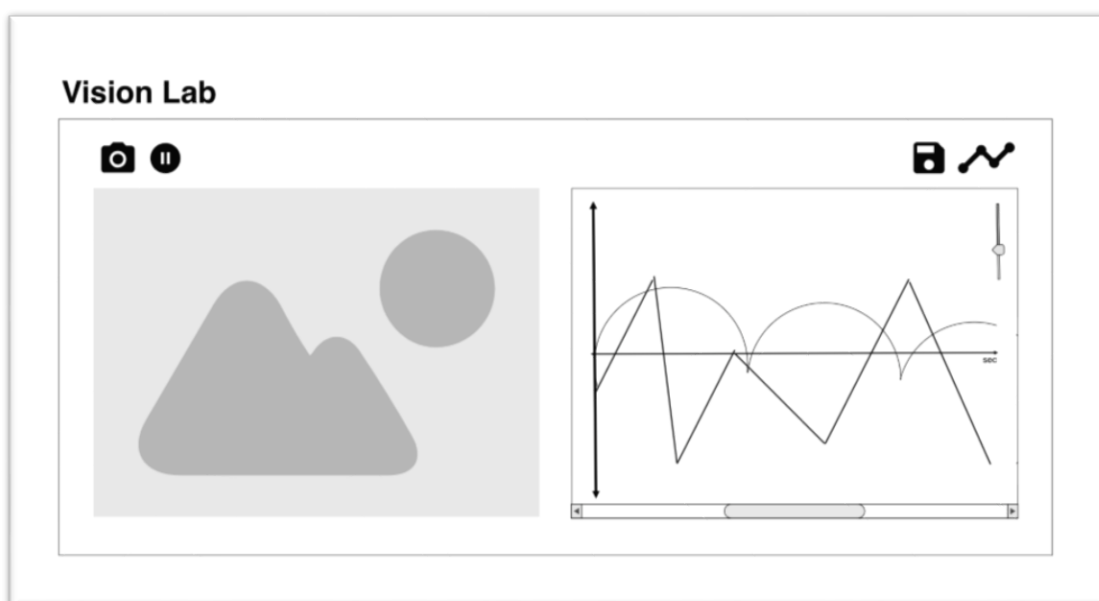
## 3.4 Používateľské rozhranie

### 3.4.1 Hlavná obrazovka



obr. 3.4.1 – hlavná obrazovka

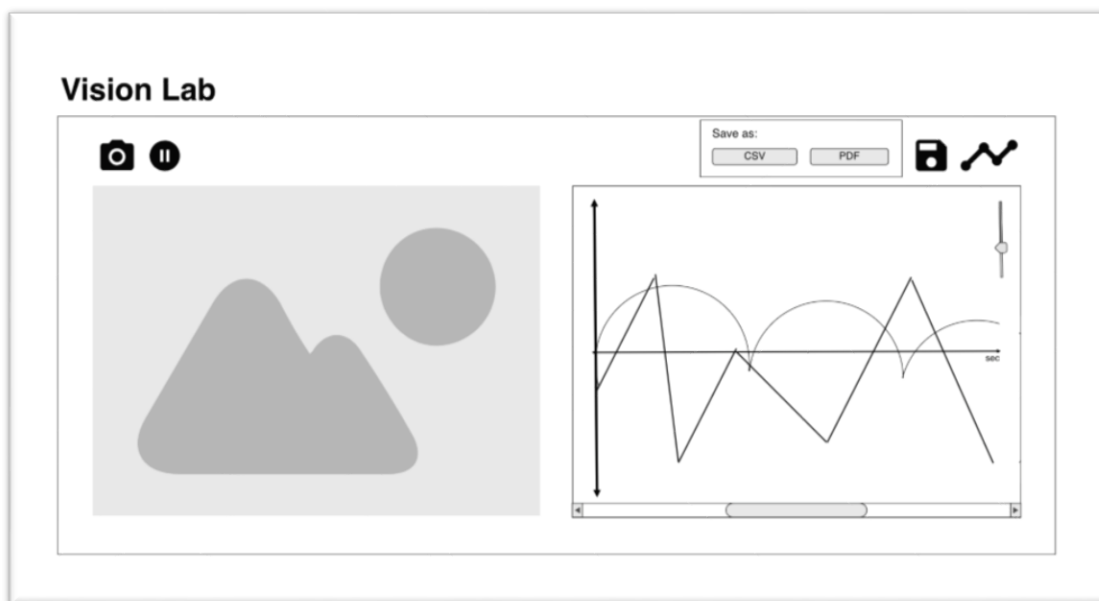
### 3.4.2 Spustené meranie



obr. 3.4.2 – spustené meranie

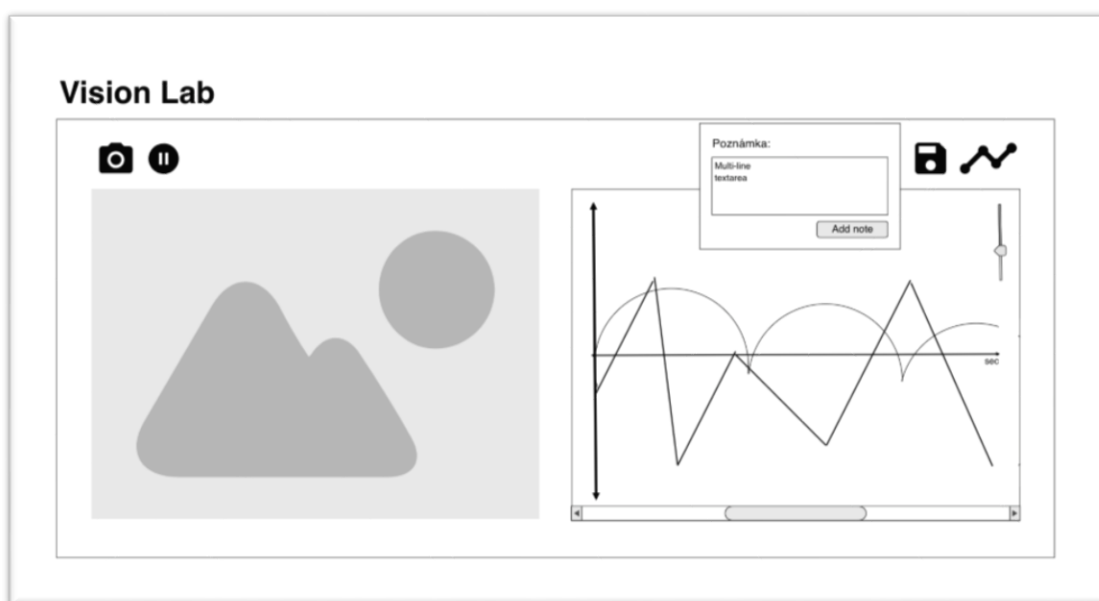
### 3.4.3 Exportovanie údajov





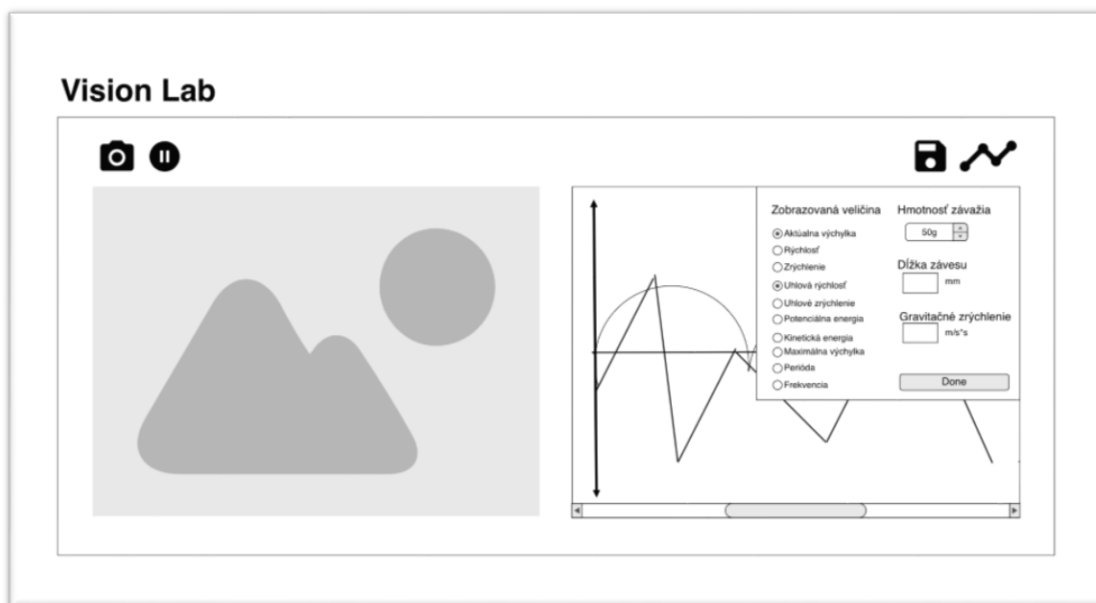
obr. 3.4.3 – exportovanie údajov

### 3.4.4 Komentár používateľa



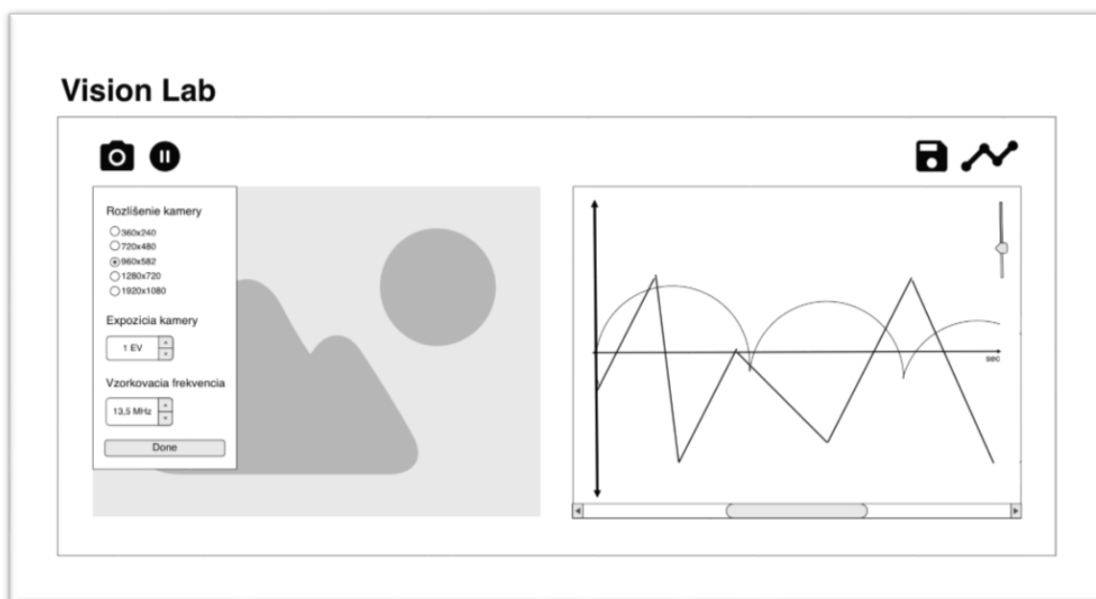
obr. 3.4.4 – pridanie komentáru používateľa

### 3.4.5 Nastavenie grafu a kyvadla



obr. 3.4.5 – nastavenie grafu a kyvadla

### 3.4.6 Nastavenie webovej kamery



obr. 3.4.6 – nastavenie webovej kamery

### 3.4.7 Popis

Aplikácia umožňuje sledovať záznam pohybu kyvadla a zároveň sledovať vybraný údaj (obr. 3.4.1). Užívateľ má možnosť zastaviť a znovu spustiť záznam (obr. 3.4.2). Môže si

vyexportovať údaje do formátov CSV (štatistické údaje) alebo PDF. Užívateľ si vie nastaviť, ktorý údaj chce pozorovať. Vedľa vie zadať hmotnosť závažia, dĺžku lanka a gravitačné zrýchlenie oblasti v ktorej je. Pomocou scrollbaru sa dá sledovať aj história grafu. Graf sa dá priblížiť alebo oddialiť (**obr 3.4.5**). Užívatelia majú možnosť nastaviť rozlíšenie a expozíciu kamery. Okrem toho vedia nastaviť aj frekvenciu snímania (**obr 3.4.6**).

## 3.5 Návrh implementácie

V tejto sekcii je podrobne popísaný návrh celkovej implementácie softvéru pozostávajúci z prehľadu používaných technológií, detailného popisu softvérovej architektúry, nakreslených diagramov popisujúcich funkčnosť aplikácie, rozdelenie na časti (moduly) a popis cieľového prostredia pri nasadení do prevádzky.

### 3.5.1 Prehľad používaných technológií

#### 3.5.1.1 Programovací jazyk

Ako programovací jazyk bol zvolený C++, keďže predstavuje základný jazyk pre knižnicu OpenCV, ktorá bola použitá pre manipuláciu s kamerou a počítačovou grafikou.

C++ je objektovo orientovaný programovací jazyk so širokým spektrom dostupných knižníc. Keďže C++ predstavuje rozšírenú verziu C, ktorá je pomerne nízkoúrovňová, poskytuje oveľa väčšiu rýchlosť oproti vysokoúrovňovým jazykom ako Python alebo Java.

#### 3.5.1.2 Knižnica pre manipuláciu s počítačovou grafikou

OpenCV (Open Source Computer Vision, <https://opencv.org/>) je knižnica pre manipuláciu s obrázkami a real-time videom. Je napísaná v C++, ktorý je aj jej primárnym interface jazykom.

OpenCV spracováva video ako sadu obrázkov (frameov). Tieto obrázky sú transformované do matice Mat, ktorá sa skladá z 2 častí:

- **hlavičku (header)** – obsahuje informácie o veľkosti (počet riadkov a stĺpcov), formát, v akom je obrázok uložený (napr. RGB alebo HSV), počet bitov pre každú hodnotu, či je signed, koľko hodnôt je na jeden pixel a pod.
- **samotnú maticu** (resp. pointer na ňu), ktorá predstavuje 2D pole s hodnotami, ktoré reprezentujú farbu každého bodu

Aby sa optimalizovala práca s veľkým objemom dát, Mat reálne obsahuje len header a pointer na samotné dáta, čím umožňuje zdieľanie rovnakých dát medzi metódami. Pointer môže ukazovať len na časť veľkého obrázka.

Manipulácia s videom v OpenCV je zabezpečená prostredníctvom triedy VideoCapture. Táto trieda umožňuje načítavanie videa zo súboru alebo z video-streamu a jeho transformáciu na jednotlivé frame-y, ako aj samotné ovládanie kamery a jej atribútov.

Modul highgui umožňuje základnú komunikáciu s GUI. Umožňuje zobrazovanie obrázkov aj framov z videa, buď v pôvodnej alebo upravenej verzii (napr. po zvýraznení určitého objektu alebo jeho stredu).

OpenCV obsahuje veľké množstvo metód na spracovanie obrázkov, vrátane štrukturálnej analýzy obrázkov a identifikácie objektov, ktorá dokáže identifikovať objekty rôznych tvarov (napr. funkcia moments vie identifikovať polygonálne objekty do 3. rádu). fitEllipse nájde elipsu obkolesujúcu 2D objekt.

### **3.5.1.3 Knižnice pre tvorbu užívateľského prostredia**

Pre tvorbu užívateľského prostredia bola zvolená knižnica Microsoft Foundation Class (MFC) library. Ide o C++ knižnicu od Microsoftu ([msdn.microsoft.com/en-us/library/d06h2x6e.aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/d06h2x6e.aspx)) pre vývoj desktopových aplikácií pre Windows.

Samotná MFC obaľuje časti tried Windows API v C++, vrátane funkcionalít, ktoré jej umožňujú využívať štandardný aplikačný framework. Obsahuje triedy pre ovládanie mnohých Windows objektov, preddefinovaných okien a štandardných kontrolných prvkov.

### **3.5.1.4 Knižnica pre generovanie PDF dokumentov**

PDF Creator Pilot (<https://www.colorpilot.com/pdflibrary.html>) je open-source knižnica určená na generovanie PDF dokumentov. Pre účely vyvíjaného softvéru sú dôležité nasledovné funkcie:

- Do generovaného PDF sa dajú umiestniť obrázky, riadky textu, poprípade odkazy.
- Podporuje vkladanie obrázkov vo formáte PNG, resp. JPG.
- Podporuje ukladanie vygenerovaného PDF dokumentu na špecifikované miesto na disku.

Inštalácia prebieha pomocou Windows inštalačného balíku. V prípade, že PDF nejde vyprodukovať, treba cez príkazový riadok s administrátorským povolením zaregistrovať DLL v System zložke pomocou:

regsvr32 PDFCreatorPilot.dll

### 3.5.1.5 Knižnica pre vykresľovanie grafu

ProEssentials (<https://www.gigasoftware.com/mfcchartinglibrary.html>) je knižnica umožňujúca zobrazovanie grafu v rôznych prostrediach, vrátane MFC aplikácií. Užívateľom umožňuje vykonávať veľké množstvo interakcie s grafom počas priebehu programu a zároveň umožňuje programátorom nastaviť každý prvok grafu, ktorý chce zobraziť.

Pre spojazdnenie grafu v aplikácii sú potrebné dva súbory: Pegrpapi.h a PEGRPSG.DLL

Tento graf je vytvorený firmou Gigasoft a je spoplatnený. Avšak tvorcovia nám poskytli povolenie používať ich graf, spolu aj s dvomi hore spomenutými súbormi, zadarmo.

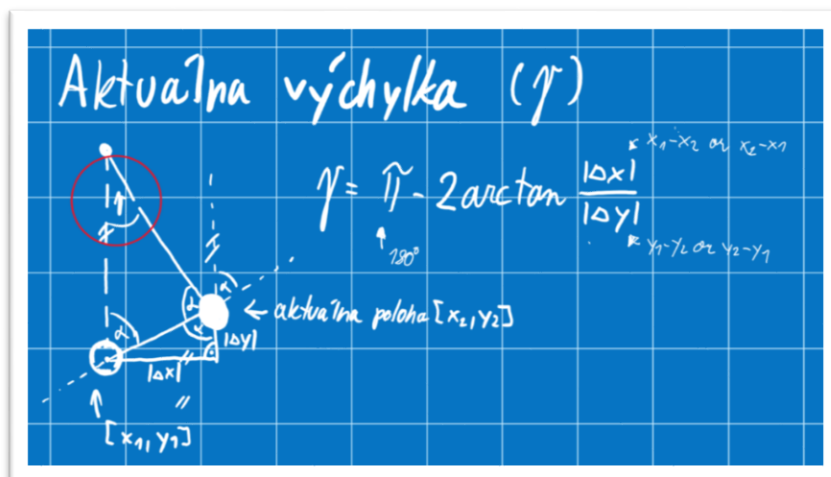
Návod v linku hore ukazuje, ako vytvoriť základný graf v MFC MDI aplikácii. V našom projekte sa však graf musí zobrazovať v Dialog aplikácii, čo sa zariadi priradením grafu do okna:

```
CWnd* graphWin = NULL;
graphWin = GetDlgItem(IDC_STATIC222); //STATIC222 je Picture Control v MFC
RECT r;
GetClientRect(&r);
hPE = PEcreate(PECONTROL_GRAPH, 0, &r, graphWin->m_hWnd, 1000); //hPE je názov
grafu; ten sa vytvorí do okna STATIC222
```

Graf na začiatku vykresľuje všetky veličiny. Toto sa dá upraviť kliknutím pravým tlačidlom na graf, zvolením možnosti "Customize Dialog" -> "Subsets". Tu sa dajú zvoliť veličiny podržaním tlačidla Ctrl a klikaním na požadované veličiny. Po stlačení "Apply" vľavo dole sa zmeny prejavujú na grafe.

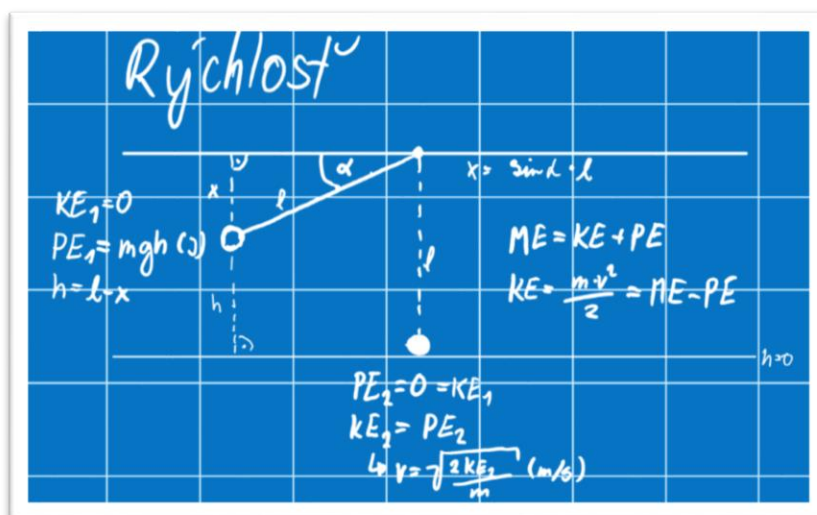
## 3.5.2 Výpočet veličín zobrazovaných v grafe

### 3.5.2.1 Aktuálna výchylka



Aktuálna výchylka je uhol, ktorý je medzi aktuálnou polohou kyvadla (pozícia  $[x_2, y_2]$ ) a kyvadlom v najnižšom možnom bode (pozícia  $[x_1, y_1]$ ). Na jej výpočet potrebujeme zistiť veľkosť uhla alfa, ktorý, keďže vytvorený trojuholník je rovnoramenný, dvakrát odpočítame od  $180^\circ$ . Uhol alfa sa dá zistiť pomocou horizontálnej polohy kyvadla  $[x_1, y_1]$  a aktuálnej polohy kyvadla  $[x_2, y_2]$ . Medzi nimi si vieme vytvoriť pravouhlý trojuholník a alfu vypočítať cez  $\arctan \Delta x / \Delta y$ . DeltaX je vzdialenosť medzi  $x_1$  a  $x_2$  a deltaY je vzdialenosť medzi  $y_1$  a  $y_2$ . Dostaneme výsledný vzorec na obrázku.

### 3.5.2.2 Rýchlosť, Kinetická energia, Potenciálna energia, Perióda, Maximálna Výchylka

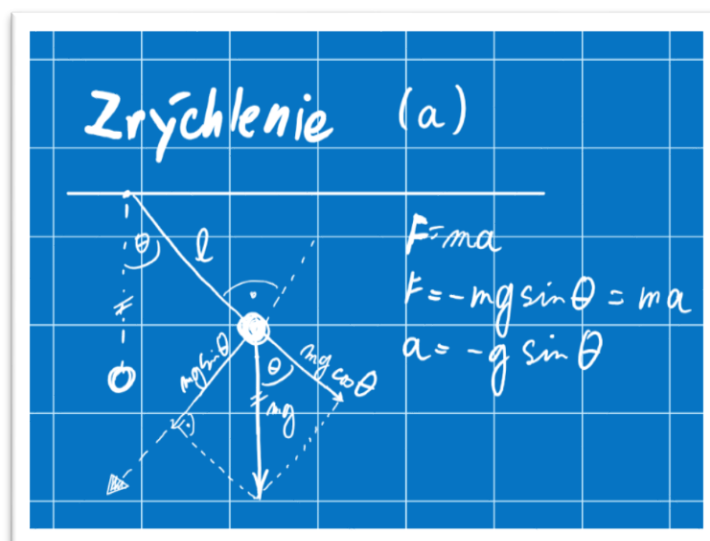


Jeden zo spôsobov ako vypočítať rýchlosť kyvadla je pozrieť sa na kinetickú a potenciálnu energiu, ktorú kyvadlo má v danú chvíľu. Nech vzdialenosť kyvadla od stredu kružnice, ktorej časť opisuje, je  $l$  (inak povedané dĺžka lanka);  $h$  je vzdialenosť kyvadla od najnižšieho možného bodu na osi  $y$ ; a  $x$  je vzdialenosť na  $y$  osi od bodu závesu – teda platí  $l = h + x$ .

Na výpočet potenciálnej energie (PE) využijeme vzorec  $m \cdot g \cdot h$ , kde  $m$  je hmotnosť kyvadla a  $g$  je gravitačné zrýchlenie.

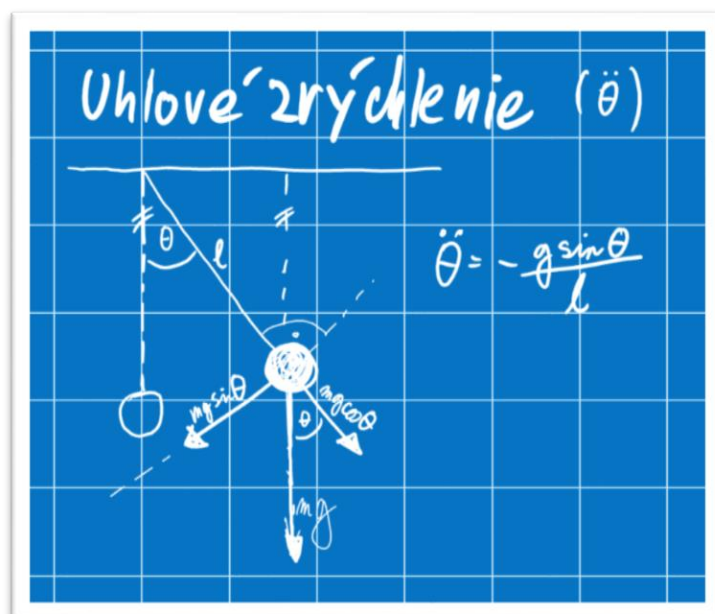
V bode, kedy sa kyvadlo spustí má najvyššiu PE a KE (kinetická energia) je rovná 0. Preto môžeme povedať, že ME (mechanická energia) je rovná PE. Na výpočet kinetickej energie použijeme teda vzorec  $KE = ME - PE$  (kde PE je  $m \cdot g \cdot h$  a ME je najväčšia možná PE – tú si zapamätáme). Na výpočet rýchlosti kyvadla použijeme vzorec z obrázku –  $KE = (m \cdot v^2)/2$ . Keď ho prehodíme tak, aby sme počítali rýchlosť, dostaneme  $v = \sqrt{(2 \cdot KE)/m}$ . Perióda ( $T$ ) je rovná  $2 \cdot \pi \cdot \sqrt{l/g}$  a frekvencia ( $F$ ) je rovná  $1/T$ . Maximálna výchylka (na osi x/y, vzdialenosť a uhol) nastane vždy, keď KE klesne na 0.

### 3.5.2.3 Zrýchlenie



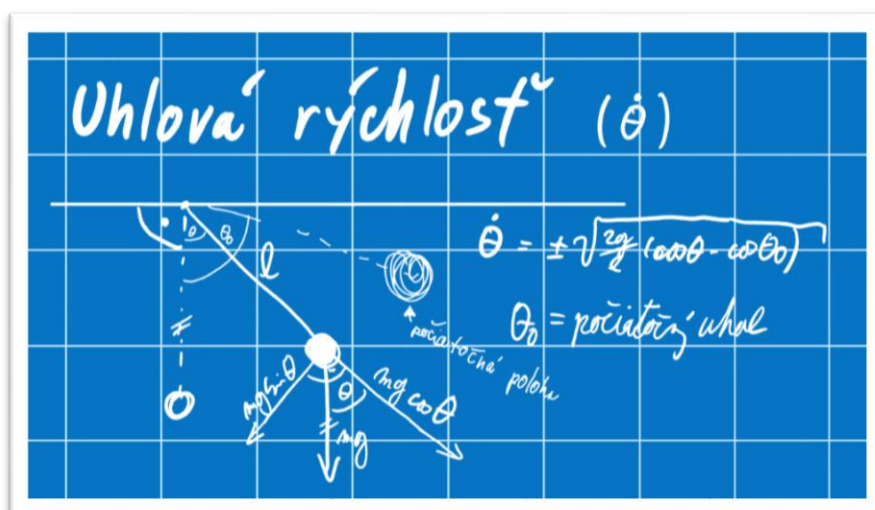
Na jeho výpočet bude potrebné zistiť uhol medzi myšlenou zvislou polohou kyvadla a aktuálnou polohou kyvadla (uhol  $\theta$ ). Potom, pomocou dvoch rovníc pre výpočet Sily ( $F$ -force) vieme odvodiť vzorec pre zrýchlenie ( $a$ ). To je rovné  $-g \cdot \sin \theta$ , kde  $g$  je gravitačné zrýchlenie.

### 3.5.2.4. Uhlové Zrýchlenie



Na jeho výpočet potrebujeme vedieť dĺžku lanka  $l$  a opäť uhol  $\theta$  s gravitačným zrýchlením  $g$ . Potom ich len dosadíme do vzorca na obrázku.

### 3.5.2.5 Uhlová rýchlosť

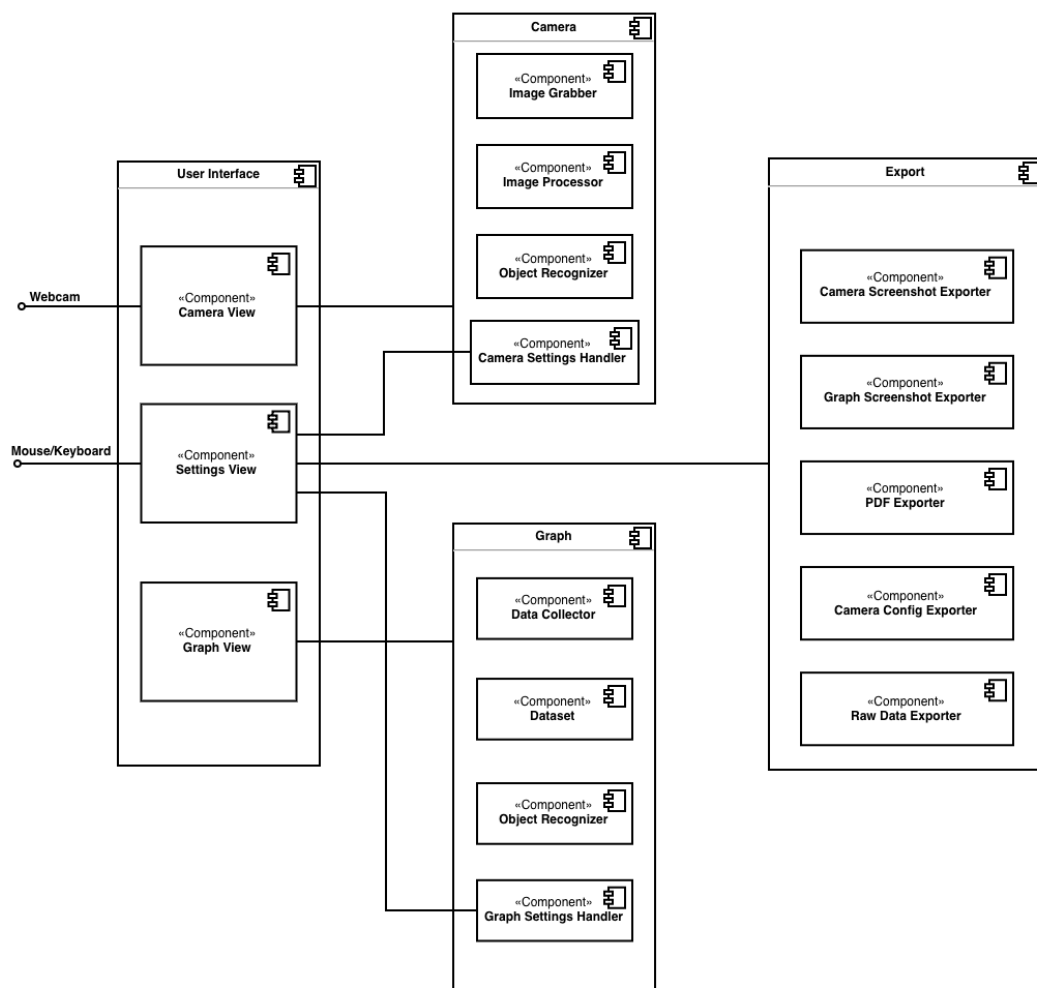


Tu si budeme musieť zapamätať aký uhol bol medzi kyvadlom v počiatočnom stave a (mysleným) kyvadlom vo zvislej polohe –  $\theta_0$ . Okrem toho potrebujeme zistiť aktuálny uhol medzi polohou kyvadla a jeho zvislou polohou –  $\theta$ ; dĺžku lanka  $l$  a gravitačné zrýchlenie  $g$ . Na výpočet použijeme vzorec hore na obrázku.



## 3.5.3 Diagramy

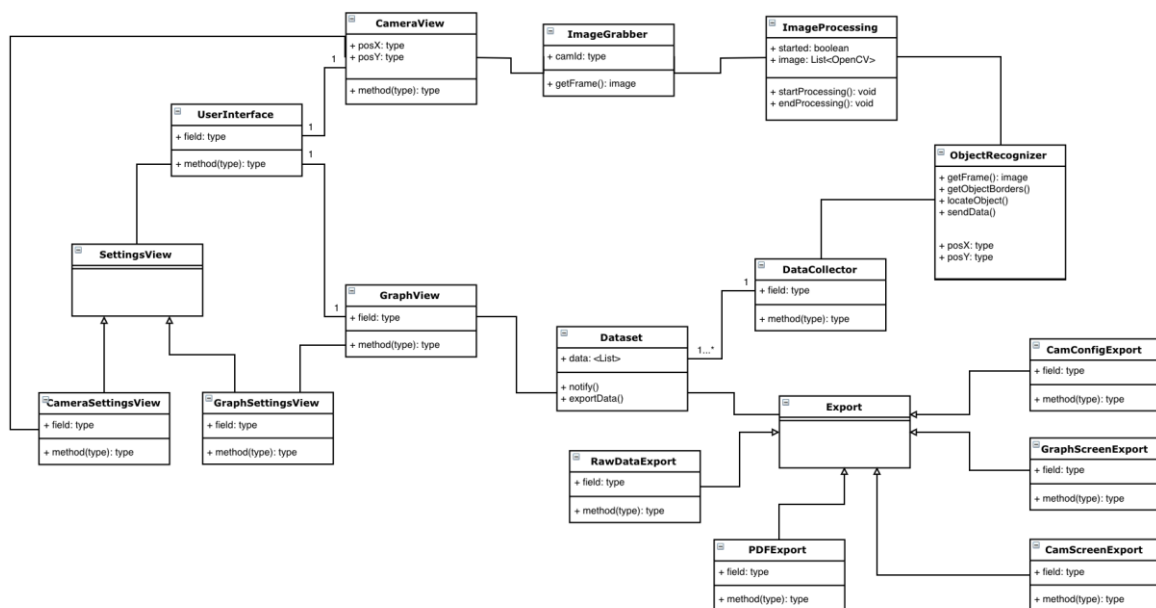
### 3.5.3.1 Komponentový diagram



obr 3.5.3.1 – Komponentový diagram

Obrázok 8.3.1 predstavuje diagram komponentov aplikácie. Komponent User Interface prepája všetky ostatné komponenty tak, že komunikujú prostredníctvom neho. Zobrazuje video z kamery prostredníctvom komponentu Camera. Ten spracováva kamerový záznam a snímané objekty (kyvadlo). Posiela obrázkové dáta komponentu Graph, ktorý vypočíta cez Data Collector príslušný Dataset. Ten komponent User Interface vykresľuje v podobe grafu. Cez komponent Settings dostávajú komponenty Camera a Graph informácie o užívateľských preferenciách a prostredníctvom Handlerov upravujú svoje nastavenia. Kompletný export údajov má na starosti komponent Export. Prípadné užívateľské komentáre dostáva z komponentu User Interface.

### 3.5.3.2 Triedny diagram



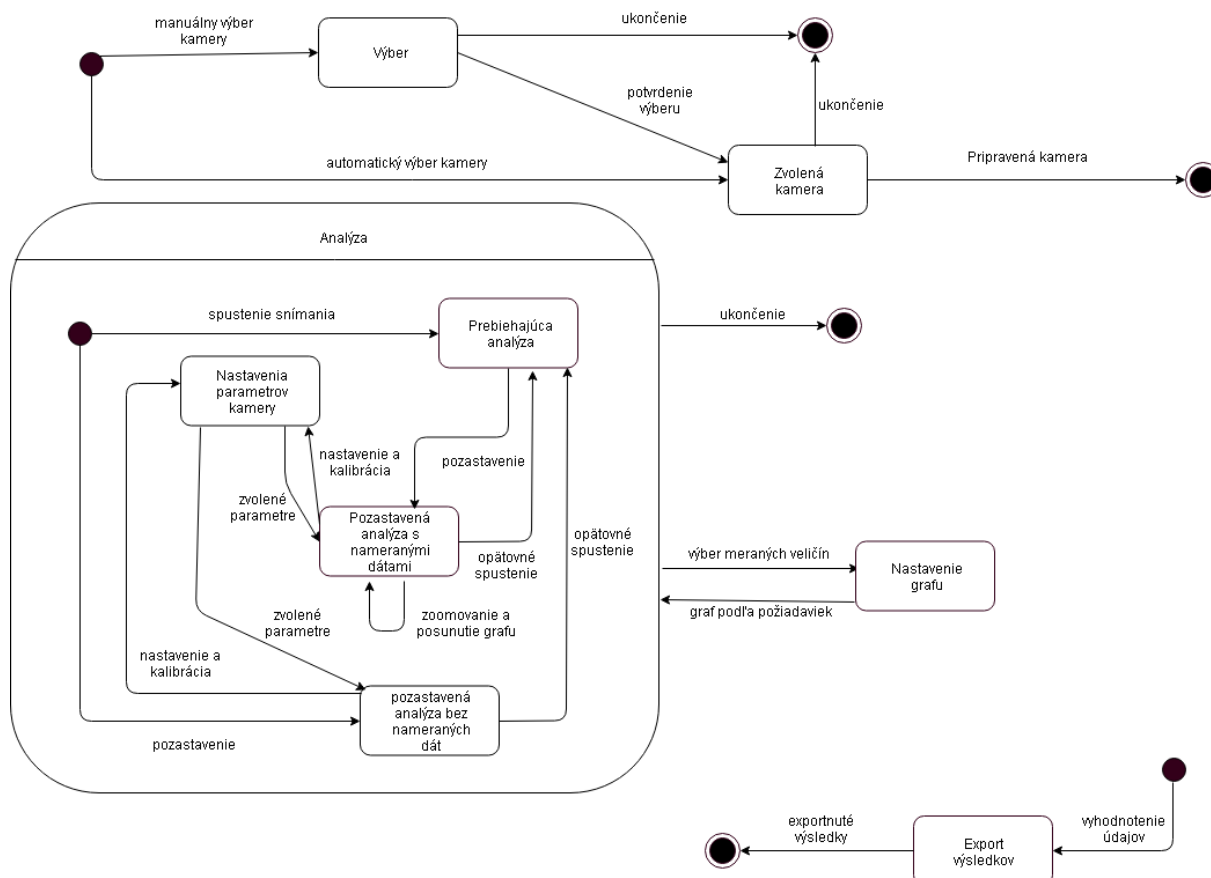
obr 3.5.3.2 – Triedny diagram

Obrázok 8.3.2 predstavuje triedny diagram vyvíjaného softvéru.

Základnou/hlavnou triedou je v tomto prípade UserInterface. Triedy CameraView, GraphView a SettingsView pracujú priamo s užívateľom, kde sa CameraView stará o zobrazovanie záznamu z webovej kamery, GraphView o vykresľovanie dát z Dataset do grafu a SettingsView bude spracovávať užívateľské vstupy a nastavovať rôzne komponenty.

ImageGrabber preberá jednotlivé snímky z kamery a ImageProcessing ich spracuje podľa nastavených parametrov kamery. ObjectRecognizer vyhladá kyvadlo, DataCollector extrahuje fyzikálne dáta zo snímania kyvadla a vytvorí Dataset.

### 3.5.3.3 Stavový diagram



obr 3.5.3.3 – Stavový diagram

Obrázok 3.5.3.3 predstavuje 3 stavové diagramy, ktoré spolu popisujú rôzne stavy, v ktorých sa aplikácia môže nachádzať.

Prvý diagram zobrazuje stav hneď po spustení programu. Užívateľ má možnosť vybrať si medzi manuálnym a automatickým výberom kamery. Toto je dôležité z dôvodu, že môže byť pripojených viacero kamier a užívateľ musí byť v tom prípade na výber. Samozrejme, hocikedy sa môže užívateľ rozhodnúť program ukončiť.

Druhý diagram zobrazuje proces samotnej analýzy. Tu sa užívateľ dostane po úspešnom výbere kamery. Užívateľ môže hneď zapnúť snímání, alebo ešte predtým sa rozhodnúť zmeniť nastavenia vybranej kamery, ako napríklad frekvenciu či

rozlíšenie a až potom začať snímanie. Po začatí snímania môže užívateľ kedykoľvek túto činnosť pozastaviť, a opäť upraviť nastavenia kamery. Počas spustenej, ale aj pozastavenej analýzy sa taktiež vykresľuje v okne graf s nameranými hodnotami pomocou snímania.

Tie hodnoty môže užívateľ kedykoľvek zmeniť podľa svojho uváženia. Samotný graf sa dá taktiež upravovať, konkrétne dá sa priblížiť alebo posunúť. Kedykoľvek počas týchto činností, zahrnutých v jednom makrostave, sa užívateľ môže samozrejme rozhodnúť ukončiť snímanie.

Tretí diagram zobrazuje stav po skončenej analýze. Údaje, ktoré boli pomocou snímania namerané, sa môže užívateľ rozhodnúť exportnúť pre neskoršie použitie alebo štúdium.

### **3.5.4 Cieľové prostredie nasadenia do prevádzky**

Systém bude využívaný na školách a seminároch, kde hlavnou témou bude sledovanie kyvadla a fyzikálnych javov týkajúcich sa jeho pohybu. Nevyhnutnou súčasťou prostredia je kyvadlo (ľahko viditeľné) na bielom pozadí a kamera naň namierená, zapojená do počítača. Systém umožňuje výber medzi dostupnými kamerami, takže pohyb kyvadla môže zaznamenávať aj viacero kamier.

Systém môže byť využívaný učiteľmi alebo prednášajúcimi – priamo na hodine s kyvadlom alebo len cez exportované údaje z aplikácie. Pri prednášaní na hodine vie učiteľ zobrazovať rôzne (aj viaceré) namerané veličiny z pohybu kyvadla. Údaje na grafe vie priblížiť/oddialiť a taktiež vie ukázať priebeh funkcie od začiatku nahrávania. Tieto údaje vie exportovať do PDF alebo CSV formátov (spolu s jej/jeho poznámkou) a ďalej používať pri výučbe.

V prípade používania systému študentmi, študenti si budú môcť vyskúšať sledovanie pohybu kyvadiel rôznej váhy a z rôznych materiálov. Po exporte dát ich budú vedieť porovnávať a využívať pri projektoch/experimentoch. Dá sa prezerať história grafu od začiatku nahrávania a teda sledovať väčšie zmeny priebehu funkcie v čase, ktoré by nebolo možné odsledovať iba na okne s aktuálnou časťou grafu.

Systém vie byť využívaný pri výskumoch/experimentoch/iných prostrediach aj inými užívateľmi, než len študentmi a učiteľmi, keďže exportované údaje budú zahŕňať aj raw data.

## 4. Testovacie scenáre

### 4.1 Popis sekcie

#### 4.1.1 Účel katalógu požiadaviek

Účelom tejto sekcie je popísať testovanie aplikácie prostredníctvom testovacích scenárov, ktoré pokrývajú všetky definované požiadavky v dokumente [Katalóg požiadaviek](#).

#### 4.1.2 Používané definície, akronymy a skratky

	Popis
TS	Testovací scenár

## 4.2 Testovacie scenáre

### TS 4.2.1 – Spustenie aplikácie

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Zapne počítač s Windows 7 a viac
- Pripojí klávesnicu a myš
- Pripojí cez USB alebo zapne vstavanú webovú kameru
- Spustí aplikáciu Fyzikálne experimenty
- Zobrazí sa mu hlavné okno aplikácie so všetkými komponentami
- Zobrazuje sa mu záznam z webovej kamery

Výstup: Aplikácia sa spustila korektne

Pokryté požiadavky: 3.1.1.1, 3.1.1.2, 3.1.2.1, 3.1.2.2, 3.1.3, 3.1.4, 3.2.1

### TS 4.2.2 – Detekcia kyvadla

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Umiestni kyvadlo pred webovú kameru
- V okne kamerového záznamu sa poloha snímaného kyvadla zvýrazňuje svetlozelenou farbou

Výstup: Úspešná detekcia kyvadla

Pokryté požiadavky: 3.2.2

#### **TS 4.2.3 – Spustenie merania**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Rozpohybuje kyvadlo
- Stlačí tlačidlo na spustenie merania

Výstup: Aplikácia spoľahlivo detekuje kyvadlo na zázname z kamery aj pri jeho pohybe a dynamicky sa vykresľujú hodnoty do grafu.

Pokryté požiadavky: 3.2.5

#### **TS 4.2.4 – Zastavenie merania**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Stlačí tlačidlo na zastavenie merania

Výstup: Vykresľovanie hodnôt do grafu sa zastavilo. Objavilo sa tlačidlo na exportovanie dát.

Pokryté požiadavky: 3.2.5

#### **TS 4.2.5 – Spustenie ďalšieho merania**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Rozpohybuje kyvadlo
- Stlačí tlačidlo na spustenie merania

Výstup: Aplikácia znova spoľahlivo detekuje kyvadlo na zázname z kamery a dynamicky sa vykresľujú hodnoty do nového grafu.

Pokryté požiadavky: 3.2.6

#### **TS 4.2.6 – Exportovanie dokumentu PDF**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Rozpohybuje kyvadlo
- Stlačí tlačidlo na spustenie merania
- Zastaví meranie stlačením tlačidla
- Klikne na tlačidlo exportu dát
- Vyberie možnosť PDF
- Zadá voliteľný komentár
- Zobrazí sa prehliadač súborov
- Nájde požadované miesto na uloženie
- Stlačí tlačidlo „uložiť“.
- Skontroluje miesto uloženia a zobrazí dokument PDF

Výstup: Aplikácia úspešne vygenerovala dokument PDF.

Pokryté požiadavky: 3.2.7

#### **TS 4.2.7 – Exportovanie surových dát**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Rozpohybuje kyvadlo
- Stlačí tlačidlo na spustenie merania
- Zastaví meranie stlačením tlačidla
- Klikne na tlačidlo exportu dát
- Vyberie možnosť CSV Raw Data
- Zobrazí sa prehliadač súborov
- Nájde požadované miesto na uloženie
- Stlačí tlačidlo „uložiť“.

- Skontroluje miesto uloženia a zobrazí CSV súbor

Výstup: Aplikácia úspešne vygenerovala CSV súbor naplnený dátami z merania.

Pokryté požiadavky: 3.2.8

#### **TS 4.2.8 – Vykresľovanie grafu**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Rozpohybuje kyvadlo
- Stlačí tlačidlo na spustenie merania

Výstup: V okne grafu vidí vykresľovanie nameraných hodnôt.

Pokryté požiadavky: 3.2.10

#### **TS 4.2.9 – Nastavenie grafu**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Rozpohybuje kyvadlo
- Stlačí tlačidlo na spustenie merania
- V okne nastavení grafu si vyberie požadované veličiny

Výstup: V okne grafu sa zmenili vykresľované veličiny.

Pokryté požiadavky: 3.2.11

#### **TS 4.2.10 – Nastavenie kyvadla**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Klikne na nastavenie grafu
- Do textového políčka uvedie hmotnosť závažia
- Do textového políčka uvedie gravitačné zrýchlenie
- Do textového políčka uvedie dĺžku lanka kyvadla



Výstup: Vykresľované hodnoty v grafe sa prispôsobia novým hodnotám.

Pokryté požiadavky: 3.2.12.1, 3.2.12.2, 3.2.12.3, 3.2.15

#### **TS 4.2.11 – Manipulácia s grafom**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Rozpohybuje kyvadlo
- Stlačí tlačidlo na spustenie merania
- Ukončí meranie stlačením tlačidla
- Prejde kurzorom myši nad graf
- Začne scrollovať dopredu a dozadu
- V horizontálnom scrollbare kliknutím a podržaním sa posúva po x-ovej osi v čase dopredu a dozadu.

Výstup: Vykresľované hodnoty sa približujú/oddialujú v závislosti od pokynov užívateľa. História merania sa zobrazuje v závislosti od pokynov užívateľa.

Pokryté požiadavky: 3.2.13.1, 3.2.13.2

#### **TS 4.2.12 – Kalibrácia kamery**

Rola: Používateľ

Testovací scenár:

- Kyvadlo umiestni pred kameru na požadovanú vzdialenosť
- V okne kamery klikne na sledovaný objekt kyvadla

Výstup: Kamera sa prekalibruje podľa umiestnenia kyvadla.

Pokryté požiadavky: 3.2.14, 3.2.15