

Tvorba informačných systémov 2024/2025

Dokumentácia

Profilometria

Klára Senderáková

Matej Gornál

Lukáš Hajdúch

Viktória Terebová

Obsah

Katalóg požiadaviek	4
1. Úvod	4
1.1 Účel katalógu požiadaviek	4
1.2 Rozsah využitia systému	4
1.3 Slovník pojmov	4
1.4 Referencie	6
1.5 Prehľad nasledujúcich kapitol	6
2. Všeobecný popis	6
2. 1 Perspektíva systému	6
2. 2 Funkcionalita systému	7
2. 3 Charakteristika používateľov	7
2. 4 Predpoklady, závislosti a obmedzenia	7
3. Špecifické požiadavky	7
3.1 Požiadavky na funkcionality	7
Návrh	11
1. Úvod	11
1.1. Účel dokumentu	11
1.2. Rozsah využitia systému	11
1.3. Prehľad nasledujúcich kapitol	11
2. Špecifikácia vonkajších interfejsov	12
Využitie technológií:	12
3. Dátový model perzistentných údajov	13
3.1. Štruktúra priečinkov projektu (vytvorený používateľom)	13
3.2. Štruktúra priečinkov mimo projektu	13
3.3. Detaily priečinkov a súborov	13
4. Používateľské rozhranie	16
4.1. Návrh používateľského rozhrania pred implementáciou	16
4. 2. Dokumentácia GUI aplikácie LaserScan	16
4.2.4. 3D Model Viewer	21
5. Návrh implementácie	23

5.1 Využitie technológií	23
6. UML diagramy	24
6.1 UML class diagram	24
6.2 UML component diagram	25
6.3 UML state diagram	27
7. Podrobný plán implementácie a rozdelenie požiadaviek	28
Fáza 1: Inicializácia a základné funkcie (20.11)	28
Fáza 2: Snímanie a spracovanie obrazu (27.11)	28
Fáza 3: Kalibrácia a spracovanie dát (4.12)	28
Fáza 4: 3D modelovanie a vizualizácia (11.12)	29
Fáza 5: Integrácia a finalizácia (18.12)	29
Detailné rozdelenie práce	29
Časový harmonogram implementácie	30
8. Testovacie scenáre	31
8.1 Scenár 1 : Overenie získania skenov zo štandardej webkamery	31
8.2 Scenár 2 : Overenie výberu kamery v prípade nesprávnej detekcie a nastavenie kamery	32
8.3 Scenár 3 : Overenie správnosti kalibrácie a tvorby nového projektu	33
8.4 Scenár 4 : Overenie prehliadania skenov	34
8.5 Scenár 5 : Overenie zobrazenia 3D modelu	35

Katalóg požiadaviek

1. Úvod

1.1 Účel katalógu požiadaviek

Tento dokument vznikol v rámci predmetu Tvorba informačných systémov v školskom roku 2024/2025 a je určený pre každého, kto bude interagovať so systémom. Podrobne popisuje požiadavky zadávateľa, firmy KVANT, na informačný systém vyvíjaný pre túto firmu. Zároveň slúži ako dohoda medzi zadávateľom a vývojovým tímom o rozsahu a funkcionalite projektu.

1.2 Rozsah využitia systému

Cieľom je vytvorenie systému, ktorý pomocou laserového profilometra získa 3D sken rôznych objektov s rôznymi povrchmi za použitia štandardnej webkamery pri vyhodnocovaní laserovej čiary - profilu.

1.3 Slovník pojmov



- **Skrutka (1 obr.):** Mechanizmus profilometra umožňujúci precízne pozdĺžne nastavenie podložky, na ktorej sa nachádza snímaný objekt. Otáčaním skrutky sa podložka presúva pozdĺž osi smerom ku kamere alebo od kamery.
- **Mierka (2 obr.):** Presná meracia stupnica vyjadrená v milimetroch, ktorá udáva aktuálny posun predmetu. Slúži na nastavenie určenie veľkosti posunu snímaného objektu.
- **Kamera (3 obr.):** Optický senzor zabezpečujúci snímanie obrazu objektu. Kamera zachytáva vizuálne dáta, ktoré sa následne spracúvajú podľa požiadaviek.
- **Kalibračný objekt (4 obr.):** Objekt s presne známymi geometrickými parametrami, ktorý slúži na kalibráciu systému, aby sa dosiahla maximálna presnosť meraní.

- **Podložka (5 obr.):** Stabilná a rovná plocha na umiestnenie meraného objektu počas snímania. Posúva sa pomocou skrutky.
- **Snímaný objekt (6 obr.):** Predmet, ktorý je predmetom 3D spracovania profilometra. Kamera sníma jeho povrchové charakteristiky a polohu pomocou lasera pre účely tvorby presného 3D digitálneho modelu.
- **Laser (7 obr.):** Z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation čo v preklade znamená zosilňovanie svetla stimulovanou emisiou žiarenia . Je to zdroj elektromagnetického žiarenia, respektíve zdroj koherentného a monochromatického svetla vyžarovaného vo forme úzkeho pásiku lúča.
- **Meradlo (8 obr.):** Nástroj používaný na presné meranie parametrov objektu, ako sú rozmery, výška, šírka alebo výška.
- **Laserová profilometria:** Forma bezkontaktného merania povrchu skenovaného objektu s následným vyhotovením jeho trojrozmerného modelu.
- **Laserový profilometer:** Zariadenie na meranie 3D profilu objektov pomocou laserového lúča.
- **Profil:** Odchýlka povrchu objektu od referenčnej čiary alebo roviny, ktorá je zachytávaná a analyzovaná pomocou profilometra.
- **Pixel:** Najmenšia jednotka digitálneho obrazu, ktorá predstavuje jednotlivý bod s definovanou farbou a jasom.
- **Bit mapa:** Dvojrozmerná matica pixelov, ktorá slúži na zobrazenie obrazu v počítači alebo inom digitálnom zariadení.
- **Kalibrácia:** Proces nastavenia a úpravy zariadenia s cieľom zabezpečiť presnosť nameraných hodnôt. Kalibrácia zahŕňa používanie referenčných objektov s presne známymi parametrami.
- **Krokový motor:** Motor používaný na presné riadenie pohybu v definovaných krokoch, čo umožňuje kontrolovaný a presný posun objektov alebo komponentov v systéme.
- **Expozičná doba:** Časový interval, počas ktorého je snímač kamery vystavený svetlu, čo ovplyvňuje množstvo svetla, ktoré zachytí obrazový senzor. Správna expozičná doba je kľúčová pre kvalitné snímání laserovej čiary.
- **Referenčná čiara:** Čiara používaná ako základ pre meranie odchýlok povrchu objektu v profilometrii.
- **Odráživosť:** Schopnosť povrchu odrážať svetlo. V profilometrii môže odráživosť povrchu ovplyvniť presnosť merania laserového lúča.
- **Triangulačné meranie:** Metóda merania vzdialenosti alebo hĺbky objektu založená na geometrii trojuholníka. V profilometrii sa používa laserový lúč a kamera, ktoré v kombinácii umožňujú trojrozmerné mapovanie povrchu.

1.4 Referencie

Odkaz na GitHub-ový repozitár projektu:

<https://github.com/TIS2024-FMFI/profilometry>

Optické senzory a aktuátory:

<https://senzor.robotika.sk/mems/prednasky/2021/2020prednaskaMEMS-06.pdf>

3D hodnotenie geometrických vlastností povrchu pomocou laserovej triangulačnej metódy:

<https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/44-2021/pdf/074-077.pdf>

Meranie drsnosti laserovou profilometriou:

<https://dspace.vut.cz/server/api/core/bitstreams/8769a406-a084-4a29-8fd8-4ef946a58d2f/content>

1.5 Prehľad nasledujúcich kapitol

V nasledujúcich kapitolách sa čitateľ oboznámi s rôznymi funkciami, podrobnými požiadavkami, ktoré upresnia predstavu o tom, ako sa daný systém bude používať.

Kapitola 2:

Obsahuje popis systému a jeho jednotlivých aspektov zrozumiteľnou rečou, ktorú pochopí bežný čitateľ.

Kapitola 3:

Detailne popisuje jednotlivé špecifické a funkčné a aj doplňujúce požiadavky systému.

2. Všeobecný popis

2.1 Perspektíva systému

Systém bude integrovať hardvérové a softvérové komponenty na získanie 3D skenov objektov. Vyvíjaný profilometer bude používať štandardnú webkameru na zachytenie laserovej čiary, ktorá sa bude vyhodnocovať pre získanie profilov objektu. Kalibrácia systému sa bude realizovať pomocou referenčnej platničky s presne známymi parametrami.

2. 2 Funkcionalita systému

Systém umožní používateľovi ovládať webkameru pre záznam obrazu a zabezpečiť správne nastavenie expozičnej doby, aby sa zabránilo preexponovaniu. Kamera bude snímať laserovú čiaru, ktorú systém analyzuje a identifikuje na získanie presného profilu objektu. Systém umožní manuálny posun objektu a jeho následné skenovanie s cieľom vygenerovať trojrozmerné profily.

Systém bude obsahovať funkcie na matematické vyhodnocovanie vzdialenosti medzi referenčnou čiarou a vychýlenou čiarou objektu. Tieto rozdiely budú prepočítané z pixelov na milimetre, čo umožní zistiť presnú hrúbku povrchu objektu. Pre každý nasnímaný obraz bude mať používateľ možnosť nastavovať RGB filtre (červený, zelený, modrý) s cieľom lepšie vyhodnotiť obraz, pričom systém bude analyzovať len zvolené farebné kanály.

Používateľ bude vedieť pomocou systému graficky zobrazíť trojrozmerný model objektu na základe zozbieraných údajov. Ďalej systém umožní exportovať vytvorené 3D modely vo formátoch ako STL, OBJ a *GLTF a zabezpečí export jednotlivých skenovaných vrstiev objektu.

2. 3 Charakteristika používateľov

Systém je určený pre technikov a pracovníkov, ktorí vykonávajú presné merania objektov pomocou laserového profilometra. Používatelia budú mať základné technické znalosti z oblasti 3D meraní, laserových systémov a práce s počítačovými programami na spracovanie dát.

2. 4 Predpoklady, závislosti a obmedzenia

Projekt závisí od dostupnosti komponentov, ako je webkamera, laser a krokový motor. Kalibrácia bude fungovať len pri presne definovanom geometrickom usporiadaní (laser, kamera, snímaný objekt). Automatizácia procesu krokového merania bude zabezpečená až v ďalšom kroku vývoja.

3. Špecifické požiadavky

** Požiadavky označené hviezdíčkou sú voliteľne, tieto body budú vypracované iba v prípade dodania vhodného hardvéru.*

3.1 Požiadavky na funkcionality

3.1.1 Získavanie skenov objektov pomocou laserového profilometra

3.1.1.1 Systém bude získavať informácie zo štandardnej webkamery za účelom získavania profilu objektu osvieteného laserom.

3.1.1.2 Systém spracúva obraz zo snímky tak, aby identifikoval laserovú čiaru, aby bolo možné vypočítať profil objektu.

3.1.1.3 Systém automaticky rozpozná dodanú webkameru a bude používať práve túto webkameru na snímanie profilu.

*3.1.1.4 V prípade, ak kamera nebude vhodne rozpoznaná, tak si používateľ bude môcť vybrať z pripojených kamier.

3.1.2 Manuálne nasnímanie profilu objektu

3.1.2.1 Používateľ manuálne posúva objekt pomocou skrutky profilometra, aby nasnímal jednotlivé profily objektu.

3.1.2.2 Používateľ definuje v systéme vzdialenosť v milimetroch o ktorú bude snímaný objekt pomocou skrutky profilometra posúvať.

3.1.2.3 Presná poloha snímaného objektu bude pre používateľa viditeľná na mierke profilometra.

** 3.1.3 Automatické nasnímanie profilu objektu*

*3.1.3.1 Používateľ môže využiť funkciu automatického snímania objektu prostredníctvom krokového motora v systéme.

*3.1.3.2 Krokový motor posúva snímaný objekt v pravidelných intervaloch, aby zabezpečil konzistentné snímanie profilu bez manuálneho zásahu používateľa.

*3.1.3.3 Systém automaticky prejde po nasnímaní jedného profilu k ďalšiemu kroku bez potreby manuálneho posunu objektu.

3.1.4 Kalibrácia profilometra

3.1.4.1 Systém obsahuje modul na kalibráciu profilometra, ktorý bude prístupný používateľovi.

3.1.4.2 Pri kalibrácii musí používateľ dodržať umiestnenie a natočenie webkamery, čiarového laseru a podložky, ktoré ovplyvňuje presnosť merania.

3.1.4.3 Používateľ zmeria šírku a výšku referenčného objektu pomocou meradla a získaný rozmer v milimetroch zapíše do systému.

3.1.4.4 Pred prvým skenovaním snímaného objektu umiestni používateľ referenčný objekt na podložku a nasníma ho viackrát s rôznymi posunmi.

3.1.4.5 Systém na základe nasnímaných skenov kalibračného objektu stanoví parametre pre výpočet medzi pixelmi a reálnymi vzdialenosťami v milimetroch.

*3.1.4.6 Systém bude pri výpočte parametrov zohľadňovať kompenzácie rôznych skreslení a deformácií.

3.1.4.7 Pri zmene konfigurácie čiarového laseru alebo webkamery je používateľ povinný vykonať novú kalibráciu s referenčným objektom.

3.1.4.8 Systém si pamätá jednotlivé nastavenia kalibrácie aj po zatvorení aplikácie, kým ich používateľ neprestaví.

*3.1.4.9 Systém pri spustení skontroluje správnosť kalibrácie a upozorní používateľa ak je kalibrácia mimo tolerancie.

3.1.4.10 Ak nedošlo k zmene konfigurácie čiarového laseru alebo webkamery používateľ nie je povinný opätovne vykonať kalibráciu pred nasledujúcim skenovaním.

3.1.5 Ovládanie expozície snímaného obrazu

3.1.5.1 Používateľ môže upraviť expozičnú dobu obrazu *(alebo threshold binarizácie) pre optimalizáciu skenovania podľa podmienok osvetlenia a podľa odrazivosti objektu.

*3.1.5.2 Používateľ môže nastaviť farebné filtre: modrý, zelený alebo červený pre uložené snímky skenov snímaného objektu, čím sa zvýrazia rôzne časti objektu.

3.1.6 Generovanie a zobrazovanie objektu v trojrozmernom priestore

3.1.6.1 Systém analyzuje zo skenu odchýlky medzi referenčnou a aktuálnou laserovou čiarou na povrchu objektu, čím získa informácie o profile objektu.

3.1.6.2 Systém prevedie pixelové hodnoty na reálne vzdialenosti v milimetroch pre presné zobrazenie objektu.

3.1.6.3 Používateľ môže zobrazíť nasnímané profily objektu v trojrozmernom priestore, aby videl výslednú 3D štruktúru objektu.

3.1.6.4. Systém umožní nastaviť mieru odstraňovania šumu (izolovaných bodov).

3.1.6.5. Používateľ môže z 3D matice uloženej v súbore exportovať nasnímané profily objektu ako STL, OBJ alebo *GLTF.

*3.1.6.6. Používateľ môže do výstupného súboru generovať polygónovú sieť bez straty informácie na základe nasnímaných profilov, ktorá bude reprezentovať celkový 3D model objektu.

*3.1.6.7. Systém dokáže načítat už uložené viaceré 3D matice zosnímané z rôznych uhlov pohľadu (multiple file open dialog) a skombinovať ich do jednej 3D matice, ktorú zasa zapíše do nového výstupného súboru.

Návrh

1. Úvod

1.1. Účel dokumentu

Tento dokument predstavuje detailný návrh projektu „Profilometria“ pre firmu KVANT, vytvorený v rámci predmetu Tvorba informačných systémov pre akademický rok 2024/2025. Obsahuje všetky potrebné informácie na pochopenie funkcionality, implementácie a dizajnu informačného systému. Dokument je primárne určený pre vývojársky tím a pokrýva všetky požiadavky definované v katalógu požiadaviek.

1.2. Rozsah využitia systému

Na efektívne využitie tohto dokumentu je potrebné najskôr sa oboznámiť s obsahom katalógu požiadaviek. Tento dokument podrobne popisuje implementáciu všetkých požiadaviek uvedených v katalógu, definuje vonkajšie rozhrania, formáty súborov a komunikačné protokoly. Súčasťou je aj návrh používateľského prostredia vrátane vizualizácie, podporený diagramami, ako sú stavový diagram, sekvenčný diagram a class diagram.

1.3. Prehľad nasledujúcich kapitol

Nasledujúce kapitoly sa venujú vonkajším rozhraním, dátovému modelu, užívateľskému rozhraniu a jeho vizualizácií. Posledná kapitola opisuje detailný návrh implementácie systému.

2. Špecifikácia vonkajších interfejsov

Aplikácia je napísaná v jazyku Python a je určená na inštaláciu na lokálny počítač používateľa so systémom Windows. Komunikácia medzi aplikáciou a pripojenou kamerou profilometra sa uskutočňuje prostredníctvom rozhrania USB 2.0 s využitím príslušného ovládača. Kamera je ovládaná a dáta sú spracovávané prostredníctvom knižnice OpenCV.

Aplikácia spracováva dáta získané z kamery v podobe skenov profilov nasnímaných laserom. Tieto skeny sú zobrazované ako vizuálne obrázky alebo využívané ako vstupy na vytvorenie a vizualizáciu 3D modelu skenovaného objektu.

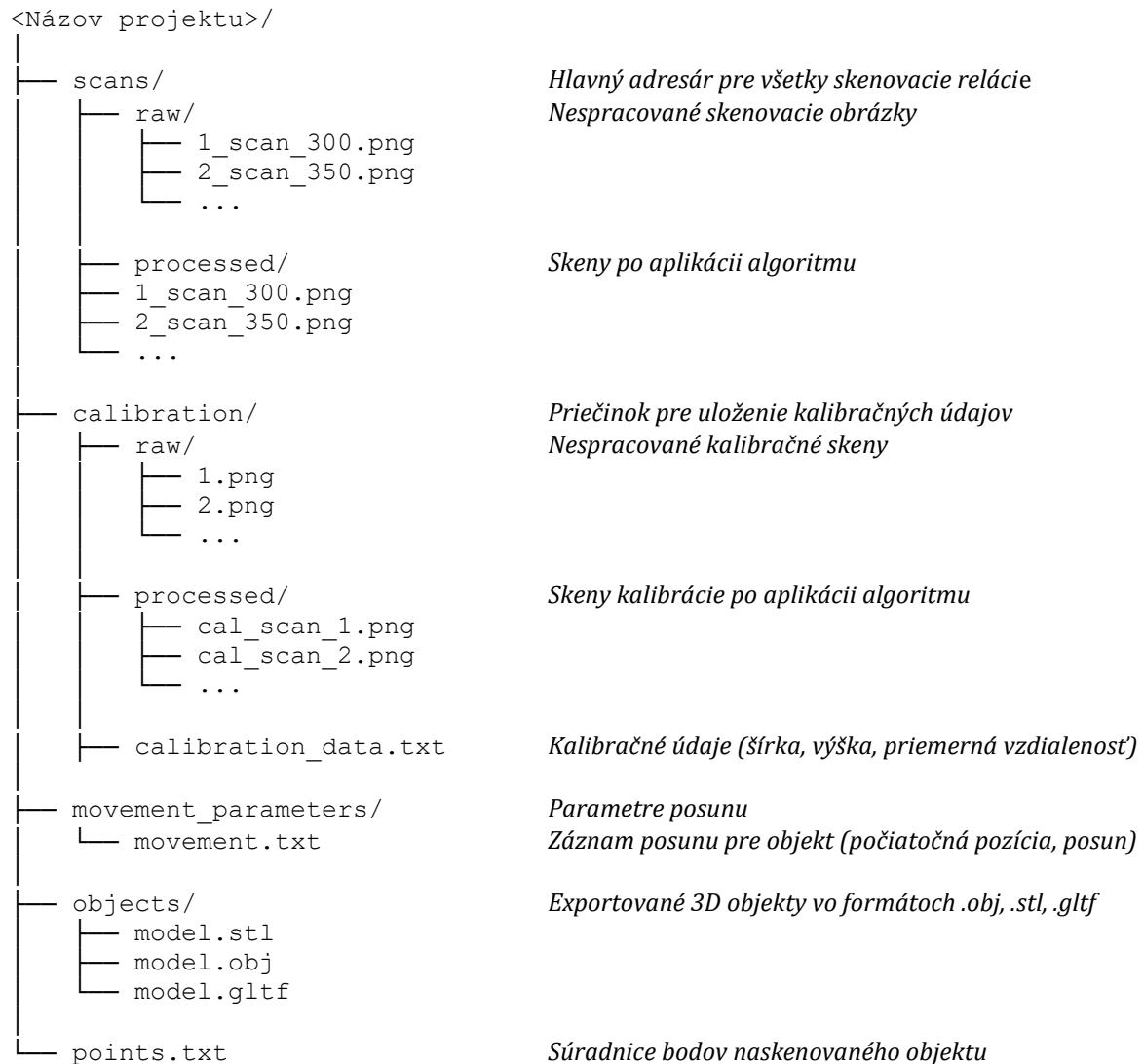
Kalibrácia kamery sa vykonáva s použitím kalibračného predmetu so známymi rozmermi, pričom sa analyzujú hodnoty hĺbky a šírky kalibračných skenov. Priemerné hodnoty z týchto skenov slúžia na konverziu pixelov na stotiny milimetra pre presnejšie spracovanie dát.

Využitie technológií:

- **Python:** Programovací jazyk, v ktorom je aplikácia napísaná.
- **Tkinter:** Knižnica na tvorbu grafického užívateľského rozhrania (GUI).
- **OpenCV (cv2):** Knižnica na prácu s obrazom (skenovanie, detekcia čiar).
- **NumPy:** Knižnica na prácu s vektormi, maticami a viacrozmernými poľami, poskytujúca širokú škálu matematických funkcií.
- **Pillow (PIL):** Knižnica na manipuláciu s obrázkami (načítanie, úpravy a ukladanie obrázkov).
- **Matplotlib:** Vizualizácia bodov a 3D modelov
- **Scipy:** Pre spracovanie 3D bodov a trianguláciu (Delaunay)
- **Trimesh:** Generovanie a export 3D objektov.
- **Pygrabber:** Na zisťovanie dostupných kamier.
- **os:** Modul na prácu s operačným systémom, ktorý poskytuje prístup k súborovému systému a ďalším systémovým funkciám.
- **sys:** Modul na interakciu s interpretom Pythonu a manipuláciu so systémovými parametrami a vlastnosťami.
- **subprocess:** Modul na spúšťanie a spravovanie externých procesov z Python skriptov (napr. inštalácia balíkov).
- **ensurepip:** Modul používaný na inicializáciu a správu balíkov Pythonu (pip).
- **threading:** Knižnica na implementáciu paralelného spracovania pomocou vlákien. Umožňuje súbežné vykonávanie úloh, ako je spracovanie obrazu a obsluha GUI bez prerušenia hlavného vlákna aplikácie.

3. Dátový model perzistentných údajov

3.1. Štruktúra priečinkov projektu (vytvorený používateľom)



3.2. Štruktúra priečinkov mimo projektu

└─ last_project.txt *Posledný otvorený projekt*

3.3. Detaily priečinkov a súborov

3.3.1. Hlavný priečinkov projektu (<Názov projektu>/)

Hlavný priečinkov obsahuje kompletnú štruktúru projektu:

- Skenov (nespracovaných a spracovaných obrázkov)
- Kalibračných údajov (napr. rozmery objektu, body a referenčné čiary)
- Parametrov posunu objektov medzi skenmi
- Exportovaných 3D modelov vo formátoch STL, OBJ a GLTF

3.3.2. Priechinok `scans/`

- Služi ako hlavný adresár pre všetky skenovacie relácie objektu.
- Obrázky majú názov odvodený od:

1	_scan_	300	.png
<i>Poradie skenu</i>		<i>Poloha objektu v čase skenu</i>	<i>Typ súboru</i>

Podpriechinky a súbory v `scans/`:

1. `raw/`

- Obsahuje nespracované skenovacie obrázky zachytené z kamery.
 - i. `1_scan_300.png` *Prvý sken.*
 - ii. `2_scan_350.png` *Druhý sken.*
 - iii. ...

2. `processed/`

- Obsahuje obrázky po aplikácii algoritmu na spracovanie skenov.
 - i. `1_scan_300.png` *Prvý obrázok po spracovaní.*
 - ii. `2_scan_350.png` *Druhý obrázok po spracovaní.*
 - iii. ...

3.3.3. Priechinok `calibration/`

- Obsahuje údaje a obrázky na kalibráciu.

Podpriechinky a súbory v `calibration/`:

1. `raw/`

- Nespracované kalibračné skeny.
 - i. `1.png` *Prvý sken.*
 - ii. `2.png` *Druhý sken.*
 - iii. ...

2. `processed/`

- Skeny kalibrácie po aplikácii algoritmu.
 - i. `cal_scan1.png` *Prvý obrázok po spracovaní.*
 - ii. `cal_scan2.png` *Druhý obrázok po spracovaní.*
 - iii. ...

2. `calibration_data.txt`

- Obsahuje údaje o kalibrácii v nasledujúcom formáte:
 - `width: <float> mm, height: <float> mm,`
`avg_distance: <float> mm`
- Príklad:
10.0, 20.0, 19.8

3.3.4. Priečinok `movement_parameters/`

- Obsahuje informácie o začiatočnej pozícii objektu a o posune objektu medzi jednotlivými skenmi.

Podpriečinky a súbory v `movement_parameters/`:

- **`movement.txt`**
 - Obsahuje údaje o pohybe objektu v nasledujúcom formáte:
`start: <int>, size: <int> (angle = °)`
 - Príklad:
`2, 30`

3.3.5. Priečinok `objects/`

- Obsahuje exportované 3D modely vo formátoch STL, OBJ a GLTF.

Súbory v `objects/`:

- `model.stl`
- `model.obj`
- `model.gltf`

3.3.6. Súbor `points.txt`

- Obsahuje zoznam bodov (x, y, z) naskenovaného objektu na tvorbu 3D modelov.
- Príklad:
`120 30 70`
`125 31 24`
`111 32 54`

3.3.7. Súbor `last_project.txt`

- Obsahuje údaje o poslednom otvorenom projekte v nasledujúcom formáte:
`Absolute path: <str>`
`Project name: <str>`
- Príklad:
`C:\Example\Path\To\Project\Project_name`
`Project_name`

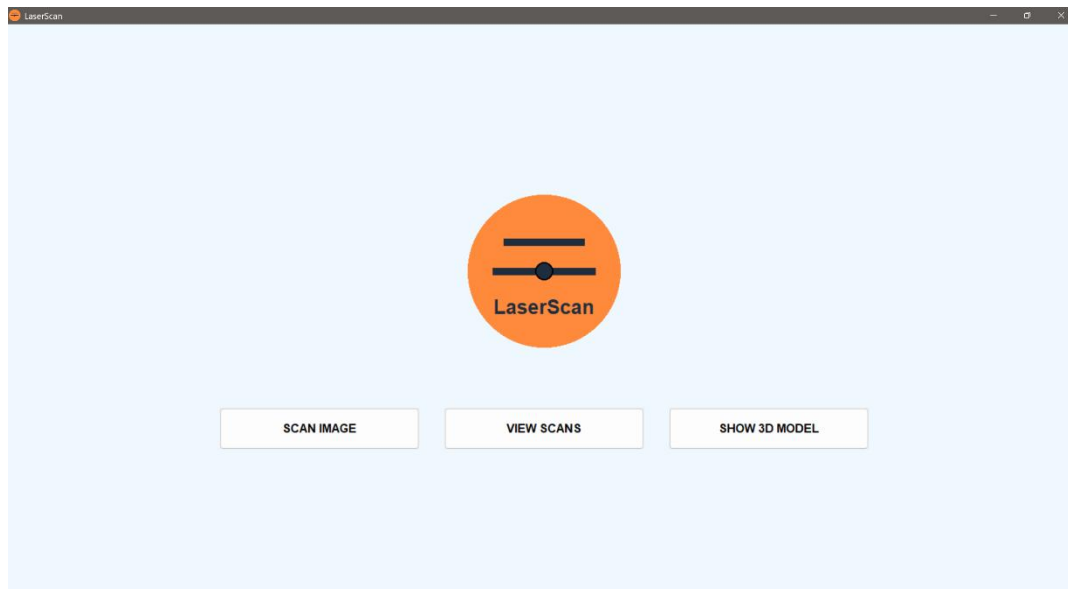
4. Používateľské rozhranie

4.1. Návrh používateľského rozhrania pred implementáciou

<https://app.moqups.com/JaLOkooyxn0fDB65WNaOg89yAQPt2xoB/view/page/a8db85771>

4.2. Dokumentácia GUI aplikácie LaserScan

4.2.1. Hlavné menu



Po spustení aplikácie sa zobrazí hlavné menu s tromi hlavnými tlačidlami:

- SCAN IMAGE - Spustenie procesu skenovania
- VIEW SCANS - Zobrazenie zoznamu naskenovaných snímok
- SHOW 3D MODEL - Vizualizácia 3D modelu

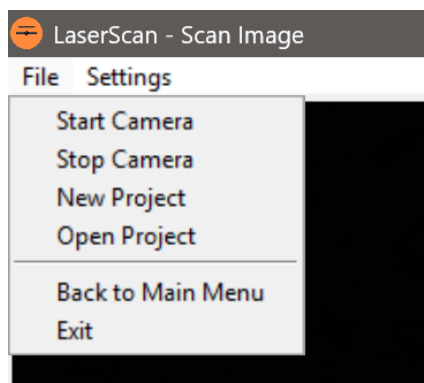
4.2.2. Skenovanie obrazu



Po kliknutí na **SCAN IMAGE** sa otvorí okno skenovania, kde sú k dispozícii tlačidlá:

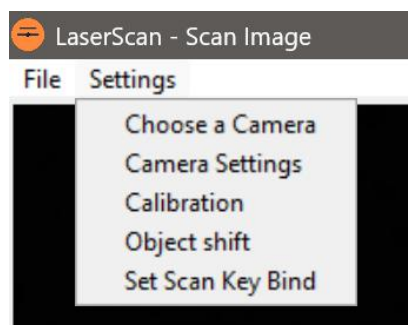
- **Scan** – Spraví sken aktuálneho obrazu
- **Back** - Vratí používateľa do hlavného menu

V hornej ponuke **File** je možné:

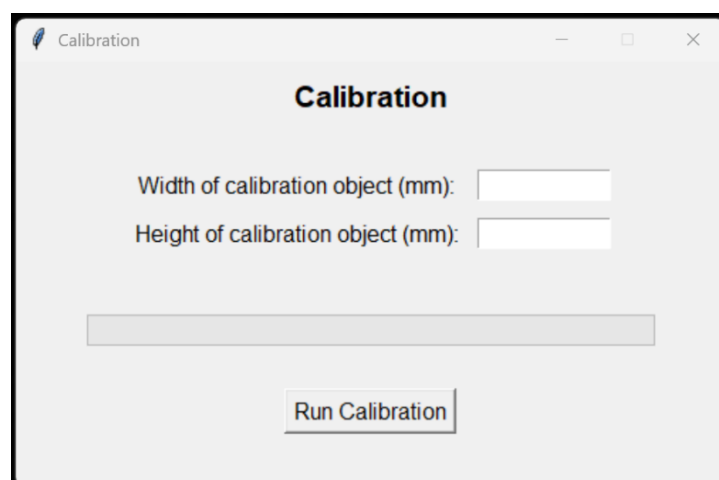
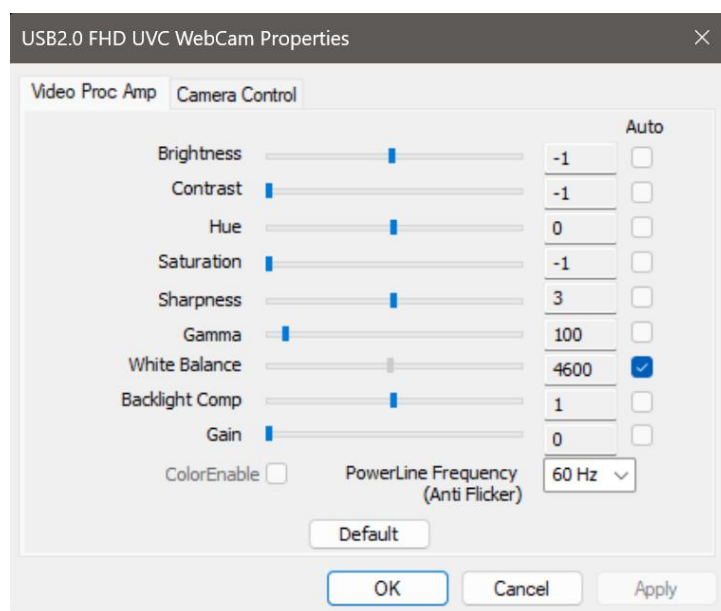
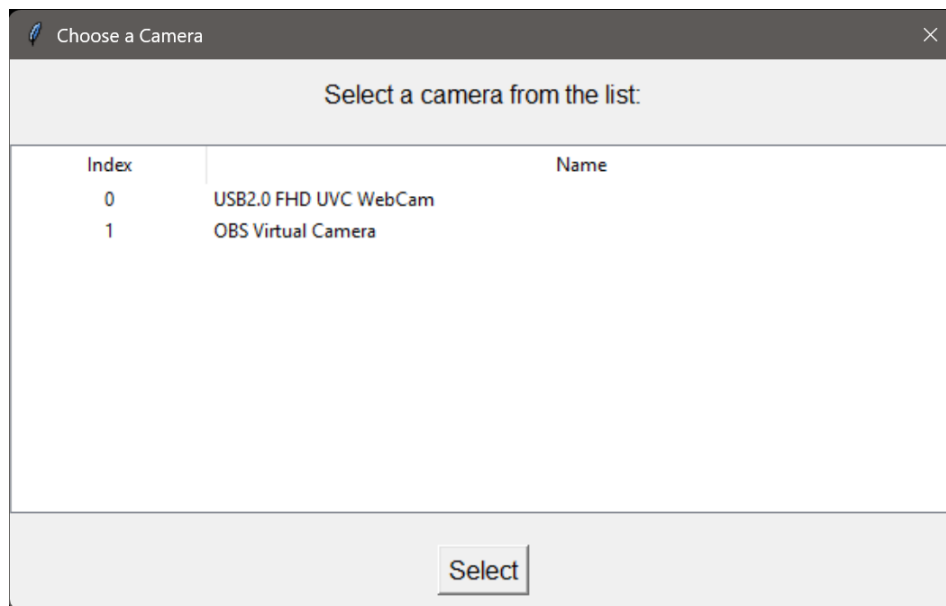


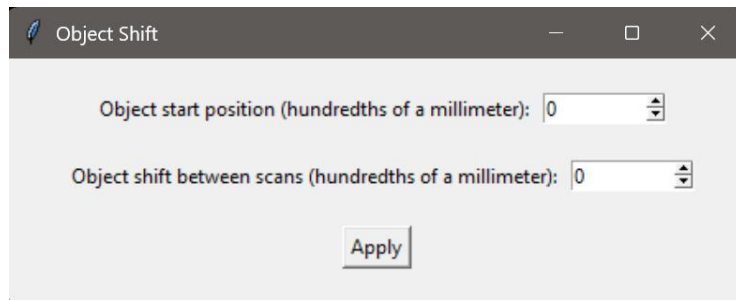
- **Start Camera** - Spustiť kameru
- **Stop Camera** - Zastaviť kameru
- **New Project** - Vytvoriť nový projekt
- **Open Project** - Otvoriť existujúci projekt
- **Back to Main Menu** - Vratí používateľa do hlavného menu
- **Exit** - Ukončiť aplikáciu

V hornej ponuke **Settings** je možné:

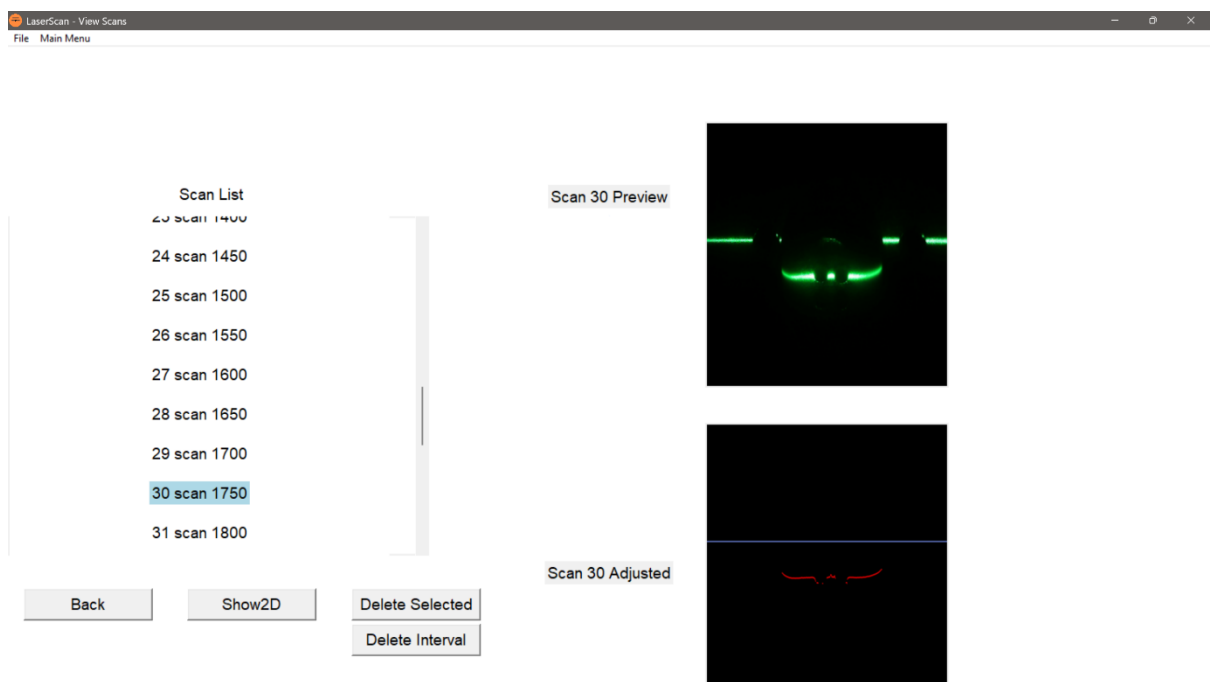


- **Choose a Camera** - Vybrať kameru
- **Camera Settings** - Nastavenia kamery (jas, kontrast, gamma, vyváženie bielej...)
- **Calibration** - Kalibrácia s možnosťou zadania šírky a výšky kalibračného objektu
- **Object Shift** - Nastavenie počiatočnej pozície objektu a jeho posunu medzi skenmi
- **Set Scan Key Bind** - Nastavenie klávesovej skratky pre skenovanie





4.2.3. Zobrazenie skenov



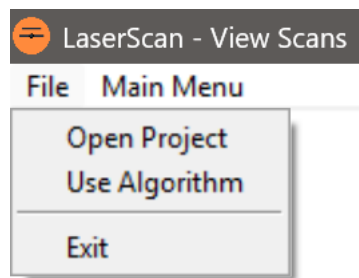
Po kliknutí na **VIEW SCANS** sa otvorí okno s:

- **Zoznamom skenov** - Každý sken je označený poradovým číslom a hodnotou
- **Náhľadom skenu** - Pôvodný a upravený sken

Funkcie dostupné v tomto okne:

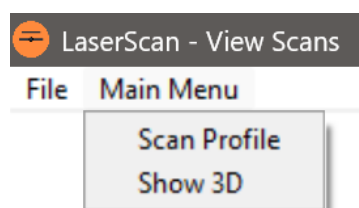
- **Back** - Vratí používateľa do hlavného menu
- **Show 2D** - Zobrazenie skenov v 2D
- **Delete Selected** - Vymazanie označených skenov
- **Delete Interval** - Vymazanie skenov v zadanom intervale

V hornej ponuke **File** je možné:



- **Open Project** - Otvoriť existujúci projekt
- **Use Algorithm** - Použiť algoritmus na spracovanie skenov
- **Exit** - Ukončiť aplikáciu

V hornej ponuke **Main Menu** je možné:



- **Scan Profile** - Zobrazenie profilu skenu
- **Show 3D** - Priamy prechod do 3D vizualizácie



Delete interval

Enter interval of images that you want to delete (including):

Start:

End:

Submit

Use Algorithm

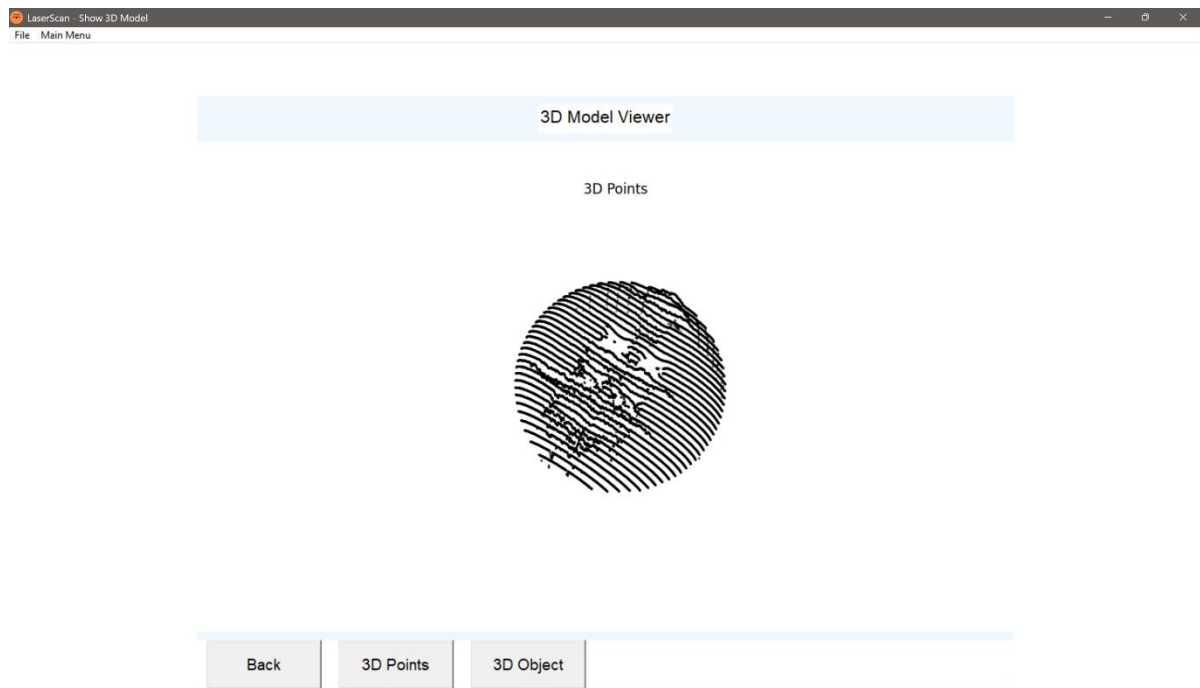
Significant threshold pixel:

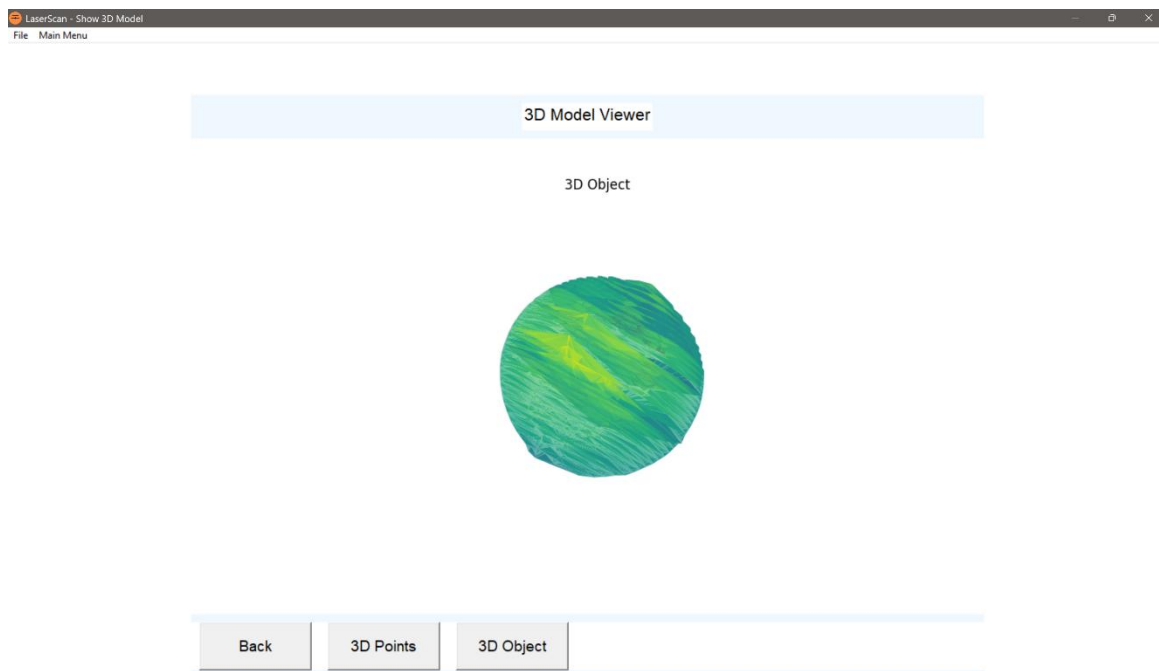
Max Significant threshold pixel:

Largest points threshold:

Apply

4.2.4. 3D Model Viewer

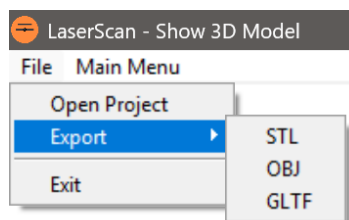




Po kliknutí na **SHOW 3D MODEL** sa zobrazí okno vizualizácie:

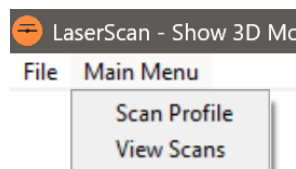
- **Back** - Vratí používateľa do hlavného menu
- **3D Points** - Zobrazenie bodového modelu
- **3D Object** - Zobrazenie plného 3D modelu

V ponuke **File** je možné:



- **Open Project** - Otvoriť existujúci projekt
- **Export** - Exportovať model v rôznych formátoch (STL, OBJ, GLTF)
- **Exit** - Ukončiť aplikáciu

V ponuke **Main Menu** je možné:



- **Scan Profile** - Zobrazenie profilu skenu
- **View Scans** - Návrat do okna zobrazenia skenov

5. Návrh implementácie

Implementácia projektu Profilometria bude rozdelená do viacerých fáz, aby boli jednotlivé komponenty vyvinuté, otestované a integrované postupne. Tento návrh reflektuje požiadavky z Katalógu požiadaviek a definuje jasnú cestu implementácie všetkých potrebných funkcionalít vrátane voliteľných požiadaviek označených hviezdíčkou.

5.1 Využitie technológií

Na náš software použijeme programovací jazyk **Python**, kvôli jeho vhodnosti a knižniciam, ktoré nám uľahčia prácu na projekte. Podrobnejšie sú popísané v tomto dokumente v kapitole 2.

5.1.1 Grafické rozhranie

Na grafické rozhranie našej aplikácie použijeme vstavanú knižnicu **Tkinter**, ktorý ponúka jednoduché a efektívne nástroje na tvorbu GUI (grafického užívateľského rozhrania). **Tkinter** nám umožní vytvoriť základné komponenty rozhrania, ako sú tlačidlá, zobrazovanie kamery, navigácie.

5.1.2 Čítanie obrazu

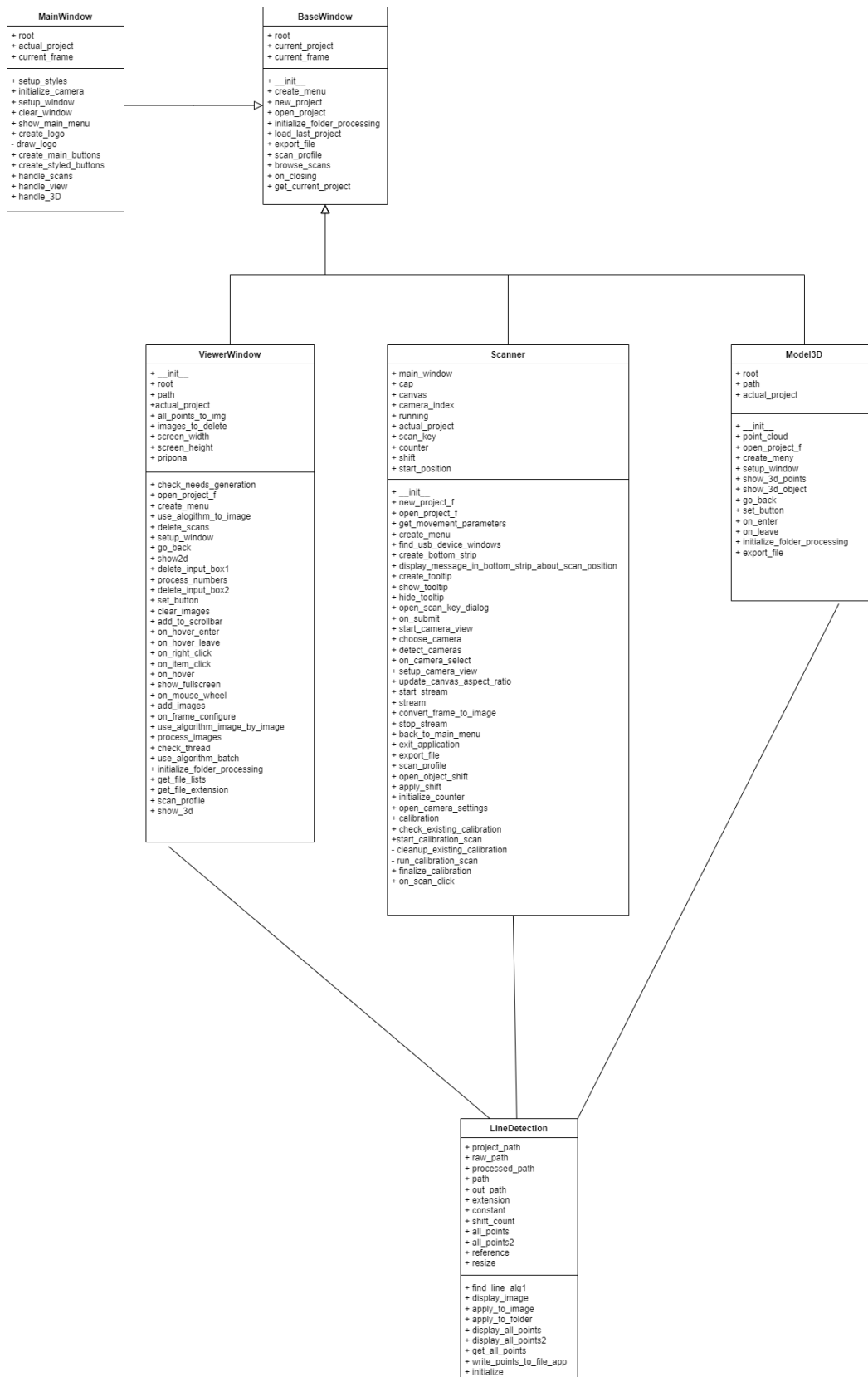
Na čítanie obrazu použijeme knižnicu **OpenCV**, ktorá nám umožňuje nie len zobrazovať obraz z kamery, ale obsahuje aj veľa funkcionalít na prácu s obrázkami, ktoré sú pre nás veľmi dôležité, ako napríklad Houghová transformácia a úprava obrázku, a filtrovanie farieb z obrázku. Jednou z výhod OpenCV je schopnosť pracovať s rôznymi farebnými modelmi, ako sú RGB, HSV a BGR. Segmentácia na základe farieb je užitočná pri extrakcii špecifických častí obrazu, čo je dôležité pri detekcii objektov a ich sledovaní. OpenCV poskytuje funkcie na detekciu hrán a tvarov, napríklad cez **Cannyho detekciu hrán** a **Houghovu transformáciu**. Tieto techniky umožňujú presné rozpoznanie a sledovanie objektov, čo môže byť užitočné napríklad pri rozpoznávaní čiar, kruhov alebo iných geometrických tvarov. OpenCV je navrhnutá s dôrazom na efektívne spracovanie, vďaka čomu dokáže pracovať s obrazom a video dátami v reálnom čase aj pri vysokom rozlíšení.

5.1.3 Distribúcia software-u

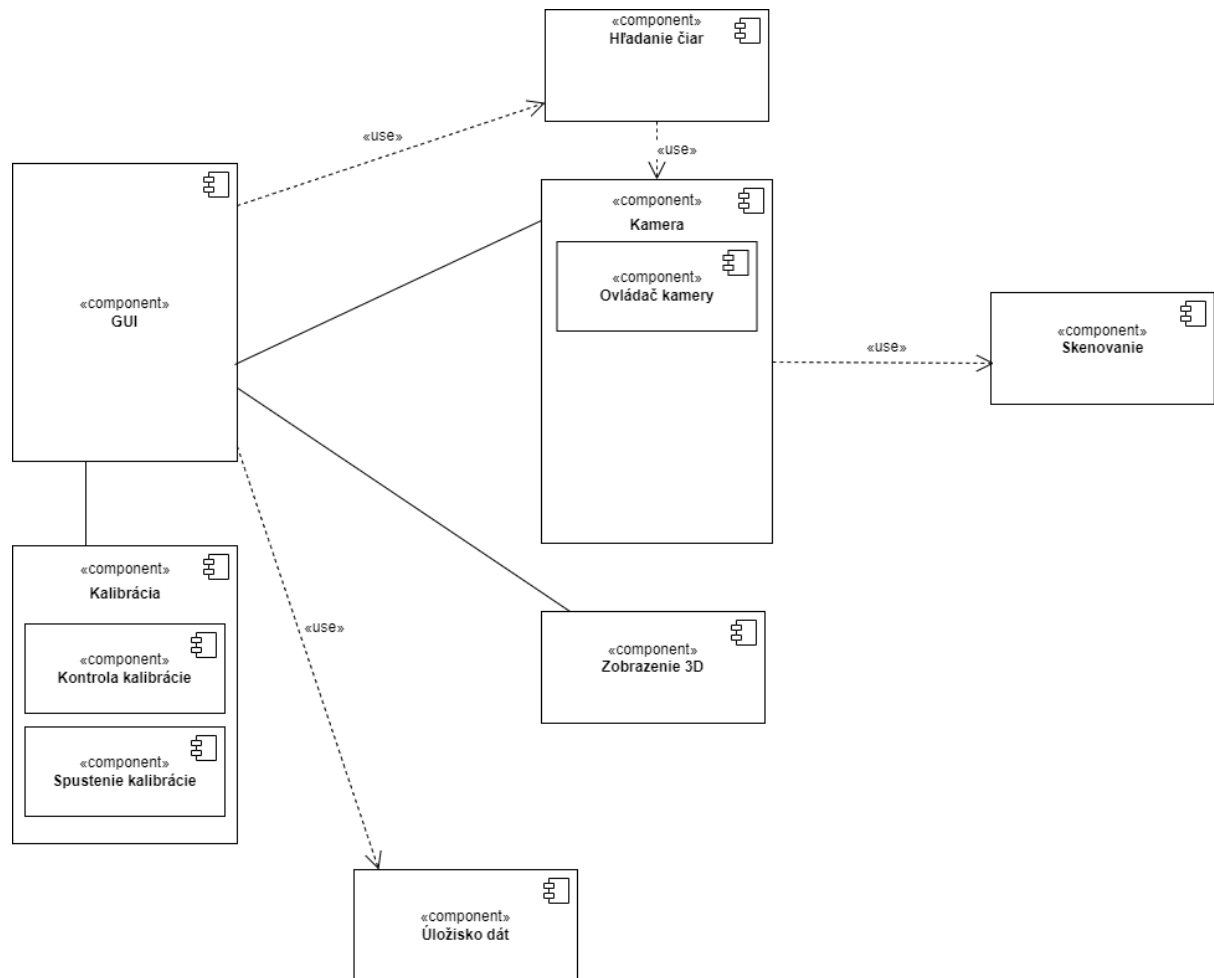
Na vytvorenie .exe súboru použijeme nástroj **Pyinstaller**. **PyInstaller** je nástroj pre jazyk Python, ktorý umožňuje zabaliť a distribuovať Python aplikácie vo forme samostatného spustiteľného súboru. Vytvára aplikácie, ktoré môžu byť spustené bez nutnosti mať nainštalované prostredie Python. **PyInstaller** dokáže vytvoriť spustiteľný súbor pre všetky hlavné operačné systémy vrátane Windows, macOS a Linuxu, čo ho robí mimoriadne flexibilným a užitočným pre distribúciu Python aplikácií.

6. UML diagramy

6.1 UML class diagram



6.2 UML component diagram



6.2.1 Kľúčové moduly systému

Implementácia bude rozdelená do modulov podľa požiadaviek:

Modul snímania profilu

- Manuálne snímanie: Používateľ manuálne posúva objekt pomocou skrutky a sníma profily objektu.
 - Vyžaduje presné zadanie vzdialenosti v milimetroch, ktoré systém uloží do parametrov pohybu.
 - Použité nástroje: Tkinter na GUI, OpenCV na ovládanie kamery.
- *Automatické snímanie:
 - Krovový motor zabezpečí plynulý posun objektu a spustí skenovanie v preddefinovaných krokoch.
 - Systém automaticky generuje parametre pohybu a ukladá ich do movement_parameters.txt.

Modul kalibrácie

- Základná kalibrácia: Používateľ nastaví kameru, laser a referenčný objekt s jeho hodnotami. Kalibrácia mapuje vzdialenosti v pixeloch na milimetre.
 - Systém ukladá výsledné parametre kalibrácie do calibration_data.txt.
- *Rozšírená kalibrácia:
 - Kompenzácia skreslení a deformácií : Implementácia geometrických transformácií pomocou OpenCV.
 - Kontrola správnosti kalibrácie: Pri spustení aplikácie sa porovná aktuálne nastavenie s uloženou konfiguráciou.

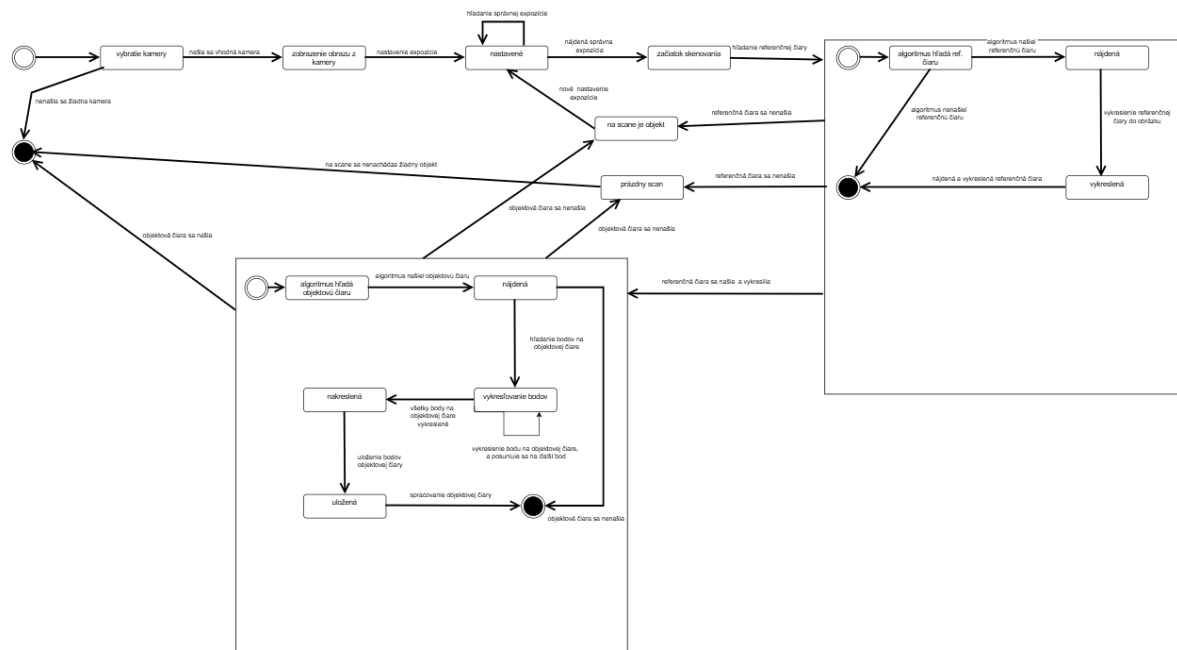
Modul spracovania obrazu

- Ovládanie expozície : Používateľ môže nastaviť expozičný čas a farebné filtre na zvýraznenie častí objektu.
- Systém používa farebné modely RGB a HSV na optimalizáciu výsledkov.

Modul 3D vizualizácie

- Generovanie 3D modelu :
 - Systém spracuje odchýlky medzi referenčnou a aktuálnou laserovou čiarou.
 - Export vo formátoch STL, OBJ, GLTF.
 - Použité nástroje: NumPy na matematické výpočty, Open3D na vizualizáciu.
- *Kombinácia viacerých skenov :
 - Použitie algoritmov na zlúčenie viacerých matic pomocou Iterative Closest Point (ICP).

6.3 UML state diagram



7. Podrobný plán implementácie a rozdelenie požiadaviek

Fáza 1: Inicializácia a základné funkcie (20.11)

Implementované požiadavky:

3.1.1 Získavanie skenov objektov pomocou laserového profilometra

- 3.1.1.1 Získavanie informácií z webkamery
- 3.1.1.2 Spracovanie obrazu pre identifikáciu laserovej čiary
- 3.1.1.3 Automatické rozpoznanie webkamery
- *3.1.1.4 Výber z pripojených kamier

3.1.4 Kalibrácia profilometra

- 3.1.4.1 Modul na kalibráciu
- 3.1.4.2 Umiestnenie a natočenie komponentov
- 3.1.4.3 Meranie referenčného objektu

Fáza 2: Snímanie a spracovanie obrazu (27.11)

Implementované požiadavky:

3.1.2 Manuálne nasnímanie profilu objektu

- 3.1.2.1 Manuálny posun objektu
- 3.1.2.2 Definícia vzdialenosti posunov
- 3.1.2.3 Zobrazenie polohy pri skenovaní

3.1.5 Ovládanie expozície snímaného obrazu

- 3.1.5.1 Úprava expozičnej doby
- *3.1.5.2 Nastavenie farebných filtrov

Fáza 3: Kalibrácia a spracovanie dát (4.12)

Implementované požiadavky:

3.1.4 Kalibrácia profilometra (pokračovanie)

- 3.1.4.4 Snímanie referenčného objektu
- 3.1.4.5 Stanovenie parametrov pre výpočty
- *3.1.4.6 Kompenzácie skreslení
- 3.1.4.7 Nová kalibrácia pri zmene konfigurácie
- 3.1.4.8 Pamätanie nastavení kalibrácie
- *3.1.4.9 Kontrola správnosti kalibrácie

- 3.1.4.10 Podmienky opätovnej kalibrácie

Fáza 4: 3D modelovanie a vizualizácia (11.12)

Implementované požiadavky:

3.1.6 Generovanie a zobrazovanie objektu v trojrozmernom priestore

- 3.1.6.1 Analýza odchýlok
- 3.1.6.2 Prevod na reálne vzdialenosti
- 3.1.6.3 Zobrazenie profilov v 3D
- 3.1.6.4 Odstránenie šumu
- 3.1.6.5 Export do STL, OBJ, GLTF
- *3.1.6.6 Generovanie polygónovej siete
- *3.1.6.7 Kombinovanie 3D matíc

Fáza 5: Integrácia a finalizácia (18.12)

Implementované požiadavky:

GUI a používateľské rozhranie

- Implementácia hlavného menu
- Integrácia všetkých modulov
- Testovanie celkovej funkcionality

Detailné rozdelenie práce

Matej

- Vývoj algoritmov na detekciu čiar
- Spracovanie a filtrovanie obrazu
- Vytvorenie GUI pre VIEW SCANS
- Optimalizácia algoritmu
- Spracovanie bodov zo skenov

Lukáš

- Integrácia a ovládanie kamery
- Manuálne snímanie profilov
- Vytvorenie main menu GUI stránky
- Vytvorenie GUI pre SCAN IMAGES
- Algoritmus na automatické rozpoznávanie chýbajúcich skenov, ktoré treba doskenovať

Klára

- Algoritmus na prevod bodov na 3D model a vykreslenie 3D modelu

- Funkcia na uloženie 3D modelu
- Funkcia na načítanie bodov zo súboru
- Export do rôznych formátov
- Vytvorenie GUI pre SHOW 3D MODEL

Viktória

- Systém kalibrácie a nastavenia kamery
- Upravuje body pred ich spracovaním do 3D modelu (napr. odstránenie šumu, filtrovanie, alebo transformácia)
- Správa súborov a projektov
- Integrácia modulov
- Finálne testovanie a opravovanie nedostatkov

Časový harmonogram implementácie

1. 20.11 - Algoritmus na hľadanie čiary
 - a. Základná detekcia laserovej čiary
 - b. Inicializácia kamery
 - c. Základné spracovanie obrazu
2. 27.11 - GUI zobrazovač skenov
 - a. Implementácia používateľského rozhrania
 - b. Zobrazenie nasnímaných profilov
 - c. Základné ovládacie prvky
3. 4.12 - GUI zobrazovač + skener
 - a. Načítanie kamery
 - b. Kalibračný systém
 - c. Spracovanie profilov
4. 11.12 - GUI 3D zobrazenie skenu
 - a. 3D vizualizácia
 - b. Export modelov
5. 18.12 - Celý funkčný softvér
 - a. Finálna integrácia
 - b. Testovanie
 - c. Dokumentácia
 - d. Odovzdanie projektU

8. Testovacie scenáre

8.1 Scenár 1 : Overenie získania skenov zo štandardej webkamery

Pokryté požiadavky: 3.1.1.1, 3.1.1.2, 3.1.1.3, 3.1.2.1, 3.1.2.2, 3.1.2.3, 3.1.4.2, 3.1.4.7, 3.1.4.8, 3.1.4.10

Kroky	Postup kroku	Očakávaný výsledok
1.	Používateľ otvorí aplikáciu.	Systém sa po chvíli spustí a zobrazí používateľovi hlavné menu s výberom hlavných funkcií.
2.	Používateľ stlačí tlačidlo Scan Image.	Systém zobrazí okno, cez ktoré môže používateľ zaznamenávať skeny a nastavovať parametre kamery, alebo kalibráciu.
3.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo File.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
4.	Používateľ cez menu v hornej lište otvorí projekt.	Systém skontroluje, správnosť projektu , t.j. obsahuje všetky požadované priechinky a súbory. Správny projekt otvorí.
5.	Používateľ zapne a pripojí webkameru a laserový profilometer.	Systém automaticky rozpozna webkameru. Na ploche sa zobrazuje obraz snímaný kamerou.
6.	Používateľ skenuje objekt, ktorý použil na kalibráciu.	Systém rozpozna kalibračné údaje v projekte.
7.	Používateľ nastaví počiatočnú pozíciu objektu a hodnotu o ktorú bude posúvať objekt cez skrutku na podložke. Informácie potvrdí stlačením tlačidla apply.	Údaje sa uložia do priečinku movement_parameters do súboru movement.txt
8.	Používateľ začne skenovať objekt osvietený laserom.	Skeny sa uložia do priečinku scans/raw.
9.	Používateľ kontroluje presnú polohu objektu na podložke s mierkou resp. pravítkom.	Skeny sa ukladajú do priečinku scans/raw.
10.	Používateľ pokračuje v skenovaní a po každom jednom skenovaní posunie skrutkou.	Skeny sa ukladajú do priečinku scans/raw.
11.	Používateľ ukončí skenovanie.	Systém uchováva všetky skeny v priečinku scans-raw.
12.	Po ukončení skenovania sa používateľ vráti na hlavné menu pomocou stlačenia tlačidla back.	Systém zobrazí používateľovi hlavné menu s výberom hlavných funkcií.

8.2 Scenár 2 : Overenie výberu kamery v prípade nesprávnej detekcie a nastavenie kamery

Pokryté požiadavky: 3.1.1.2, 3.1.1.4, 3.1.5.1

Kroky	Postup kroku	Očakávaný výsledok
1.	Používateľ otvorí aplikáciu.	Systém sa po chvíli spustí a zobrazí používateľovi hlavné menu s výberom hlavných funkcií.
2.	Používateľ stlačí tlačidlo Scan Image.	Systém zobrazí okno, cez ktoré môže používateľ zaznamenávať skeny a nastavovať parametre kamery, alebo kalibráciu.
3.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo File.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
4.	Používateľ cez menu v hornej lište vytvorí nový projekt.	Vytvorí sa nový projekt so zadaným menom a všetkými požadovanými priečinkami a súbormi.
5.	Používateľ zapne webkameru a laserový profilometer.	Systém automaticky nerozpozna webkameru.
6.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo Settings.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
7.	Používateľ zvolí možnosť Choose a camera cez ktorú si vyberie inú kameru.	Systém zobrazí okno s výberom kamier pre používateľa.
8.	Používateľ zvolí kameru pomocou kliknutia na meno príslušnej kamery a potvrdí výber tlačidlom Select.	Systém rozpozná vybranú kameru a potvrdí používateľov výber cez upozornenie o vybratí kamery. Na ploche sa zobrazuje obraz snímaný kamerou.
9.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo Settings.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
10.	Používateľ zvolí možnosť Camera Settings cez ktorú si môže nastaviť kameru podľa potreby.	Systém zobrazí okno cez ktoré vie používateľ manipulovať s integrovanými vlastnosťmi kamery.
11.	Používateľ si nastaví požadované parametre zadaním hodnoty alebo potiahnutím posuvnej lišty.	Systém uloží nové vlastnosti kamery.
12.	Používateľ zvolí tlačidlo Camera Control, cez ktoré mu bude umožnené nastaviť expozičnú dobu kamery.	Systém zobrazí okno cez ktoré vie používateľ manipulovať s expozičnou dobou a obrazom.
13.	Používateľ nastaví expozičnú dobu pre kameru a svoj výber potvrdí stlačením tlačidla OK.	Systém uloží nové vlastnosti kamery.

8.3 Scenár 3 : Overenie správnosti kalibrácie a tvorby nového projektu

Pokryté požiadavky: 3.1.4.1, 3.1.4.3, 3.1.4.4, 3.1.4.5

Kroky	Postup kroku	Očakávaný výsledok
1.	Používateľ otvorí aplikáciu.	Systém sa po chvíli spustí a zobrazí používateľovi hlavné menu s výberom hlavných funkcií.
2.	Používateľ stlačí tlačidlo Scan Image.	Systém zobrazí okno, cez ktoré môže používateľ zaznamenávať skeny a nastavovať parametre kamery, alebo kalibráciu.
3.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo File.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
4.	Používateľ stlačí tlačidlo New Project.	Systém zobrazí dialógové okno na vytvorenie projektu.
5.	Používateľ cez menu v hornej lište vytvorí nový projekt zadáním mena projektu.	Systém zaznamená meno nového projektu.
6.	Používateľ potvrdí svoju voľbu tlačidlom OK.	Systém vytvorí nový projekt so zadaným menom a vytvorí všetky požadované priečinky a súbory. Systém korektný projekt otvorí.
7.	Používateľ zapne a pripojí webkameru a laserový profilometer.	Systém automaticky rozpozná webkameru. Na ploche sa zobrazuje obraz snímaný kamerou.
8.	Používateľ zadá parametre kalibračného objektu (t.j. výšku a šírku v milimetroch).	Kalibračné údaje sa uložia do súboru calibration_data.txt
9.	Používateľ začne skenovať kalibračné skeny stlačením tlačidla Run calibration.	Kalibračné skeny sa budú ukladať do priečinka calibration/raw.
10.	Používateľ mení pred každým skenovaním polohu kalibračného objektu.	Kalibračné skeny sa ukladajú do priečinku calibration/raw.
11.	Používateľ sníma kalibračné skeny stlačením tlačidla Capture Image.	Kalibračné skeny sa ukladajú do priečinku calibration/raw.
12.	Používateľ ukončí skenovanie kalibračného objektu.	Systém vypočíta kalibračné údaje z nasnímaných skenov. Skeny spracované algoritmom uloží do priečinku calibration/processed. Hodnota daná vzťahom medzi pixelmi a reálnymi vzdialenosťami v milimetroch sa uloží calibration_data.txt .

8.4 Scenár 4 : Overenie prehliadania skenov

Pokryté požiadavky: 3.1.1.2, 3.1.2.3, 3.1.5.1, 3.1.6.1, 3.1.6.2, 3.1.6.4.

Kroky	Postup kroku	Očakávaný výsledok
1.	Používateľ otvorí aplikáciu.	Systém sa po chvíli spustí a zobrazí používateľovi hlavné menu s výberom hlavných funkcií.
2.	Používateľ stlačí tlačidlo View Scans.	Systém zobrazí okno, cez ktoré môže používateľ prezerať skeny a 2D model nasnímaného objektu.
3.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo File.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
4.	Používateľ cez menu v hornej lište otvorí projekt stlačením na tlačidlo Open Project.	Systém skontroluje, správnosť projektu, t.j. obsahuje všetky požadované prierečky a súbory. Správny projekt otvorí. Ak súbor scans/raw ešte neprešiel algoritmom na detekciu čiar, systém vykoná detekciu čiar na skenoch v súbore scans-raw a výsledné skeny uloží do súboru scans/processed.
5.	Používateľ prezerá nasnímané skeny a sleduje polohu každého skenu zaznamenanú v názve.	Systém zobrazuje skeny vybraného projektu.
6.	Po stlačení ľavým tlačidlom na názov skenu , používateľ pozerá na zmenšenú verziu skenu.	Systém zobrazuje vybraný sken.
7.	Používateľ prezerá konkrétny sken stlačením na jeho obrázok.	Systém zobrazí okno s väčšou verziou obrázku vybraného skenu.
8.	Používateľ prezerá 2D model naskenovaného objektu stlačením na tlačidlo Show2D.	Systém zobrazí okno AllPoints s 2D modelom skenovaného objektu.
9.	Po stlačení pravým tlačidlom na názov skenu , používateľ označí jeden alebo viac skenov na vymazanie.	Systém zvýrazní názov vybraného skenu červenou farbou.
10.	Používateľ stlačením tlačidla Delete Selected vymaže zvolené skeny.	Systém zmaže zvolené skeny zo súborov projektu.
11.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo File.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
12.	Používateľ zvolí možnosť Use Algorithm.	Systém zobrazí dialógové okno cez ktoré používateľ vie nastaviť mieru odstraňovania šumu.

13.	Používateľ nastaví mieru odstraňovania šumu pomocou dialógového okna.	Systém uloží nové hodnoty pre algoritmus na detekciu čiar.
14.	Používateľ potvrdí svoju voľbu stlačením tlačidla Apply.	Systém spustí algoritmus na detekciu čiar s novými parametrami a prepíše súbory v priečinku scans/processed. Následne zobrazí aktualizované spracované skeny v okne.

8.5 Scenár 5 : Overenie zobrazenia 3D modelu

Pokryté požiadavky: 3.1.6.3, 3.1.6.5.

Kroky	Postup kroku	Očakávaný výsledok
1.	Používateľ otvorí aplikáciu.	Systém sa po chvíli spustí a zobrazí používateľovi hlavné menu s výberom hlavných funkcií.
2.	Používateľ stlačí tlačidlo Scan Image.	Systém zobrazí okno, cez ktoré môže používateľ zaznamenávať skeny a nastavovať parametre kamery, alebo kalibráciu.
3.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo File.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
4.	Používateľ cez menu v hornej lište otvorí projekt.	Systém skontroluje, správnosť projektu , t.j. obsahuje všetky požadované priečinky a súbory. Správny projekt otvorí.
5.	Používateľ prezerá 3D model v podobe zobrazenia 3D bodov.	Systém zobrazuje 3D body príslušného objektu v okne.
6.	Používateľ stlačí tlačidlo 3D Object.	Systém zobrazuje hladký 3D model príslušného objektu v okne.
7.	Používateľ posúvaním myše prezerá model z rôznych uhlov.	Systém zobrazuje hladký 3D model príslušného objektu v okne.
8.	Používateľ otvorí menu na hornej lište cez tlačidlo File.	Systém zobrazí menu s viacerými možnosťami.
9.	Používateľ zvolí možnosť Export.	Systém zobrazí možnosti na export objektu do formátov .stl, .obj , .gltf.
10.	Používateľ zvolí formát podľa jeho preferencie, napríklad .obj.	Systém exportuje 3D model vo formáte .obj a výsledný model uloží v priečinku objects ako model.obj.
11.	Používateľ stlačí tlačidlo 3D Points.	Systém zobrazuje 3D body príslušného objektu v okne.
12.	Používateľ stlačí tlačidlo Back.	Systém zobrazí okno hlavného menu.