

Tvorba informačných systémov 2024/2025

Katalóg požiadaviek

Profilometria

Klára Senderáková

Matej Gornál

Lukáš Hajdúch

Viktória Terebová

Obsah

Obsah	2
1. Úvod.....	3
1.1 Účel katalógu požiadaviek	3
1.2 Rozsah využitia systému	3
1.3 Slovník pojmov.....	3
1.4 Referencie	5
1.5 Prehľad nasledujúcich kapitol	5
2. Všeobecný popis	6
2. 1 Perspektíva systému	6
2. 2 Funkcionalita systému	6
2. 3 Charakteristika používateľov	6
2. 4 Predpoklady, závislosti a obmedzenia	7
3. Špecifické požiadavky.....	8
3.1 Požiadavky na funkcionality	8
3.1.1 Získavanie 3D skenov objektov pomocou laserového profilometra.....	8
3.1.2 Manuálne nasnímanie profilu objektu	8
* 3.1.3 Automatické nasnímanie profilu objektu.....	8
3.1.4 Kalibrácia profilometra	9
3.1.5 Ovládanie expozície snímaného obrazu	9
3.1.6 Generovanie a zobrazovanie objektu v trojrozmernom priestore	9

1. Úvod

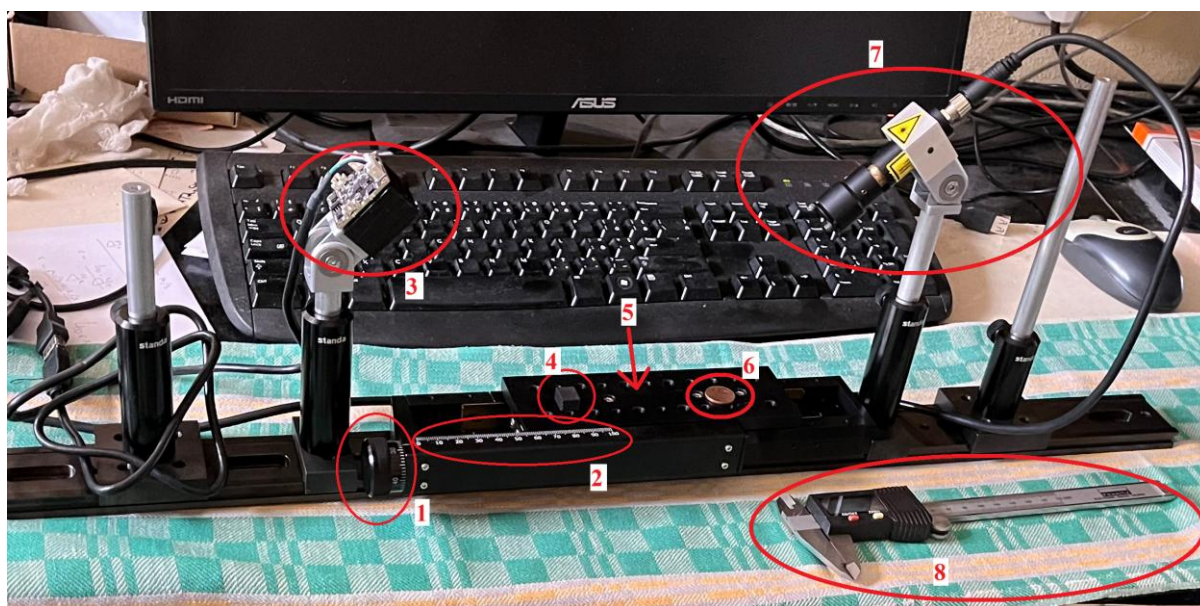
1.1 Účel katalógu požiadaviek

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:** Dvojmerná 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 snímanie laserovej čiary.
- **Referenčná čiara:** Čiara používaná ako základ pre meranie odchýlok povrchu objektu v profilometrii.

- **Odrazivost:** Schopnosť povrchu odrážať svetlo. V profilometrii môže odrazivosť 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 voliteľné, 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 Krový 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 treshold 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 zobraziť 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 načítať 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.