

Protokol o výsledku projektu

Poskytovatel podpory	Technologická agentura České republiky
ID projektu	FW10010022
Název projektu	SpeciAI – Ověřená metodika využívající nové přístupy v rentgenovém zobrazování měkkých tkání (zvířecí orgány, chirurgické prsní resekáty) ve spojení s automatizovanou diagnostikou.
Program	TREND 10
Termín zahájení a ukončení projektu	01/2024–6/2026
Název výsledku	Software pro zpracování, analýzu a vizualizaci 2D statických a 3D spektrálních dat
Identifikační číslo výsledku	FW10010022-V2
Typ výsledku	R - Software
Odpovědný účastník	Radalytica a.s.
Termín dosažení	06/2025
Etapa	E02
Vlastnictví	Radalytica a.s.
Umístění výsledku	U Pergamenky 1145/12, Praha 7

Vypracoval(a) Ing. Jana Zálišová



Podpis

Datum: 27.1.2026

1. Účel výsledku

Vzhledem k běžným rozměrům zorného pole integrovaného pixelového detektoru (přibližně 70 x 15 mm) je nutné pro kvalitní zobrazení biologických vzorků pořídit více statických snímků, které lze buď prohlížet samostatně, nebo je softwarově spojit do jednoho souvislého, přehledného snímku. Rekonstrukční software „RadalyX 4pi“ právě poskytuje uživateli plné zpracování těchto jednotlivých snímků do finálního skenu, a to jak 2D, tak i 3D CT (iterativní CT rekonstrukce) do požadovaných obrazových formátů.

2. Popis výsledku

Byl vytvořen kompletní rekonstrukční software s uživatelským rozhraním pro zpracování dat z 2D a 3D RTG měření a spektrální analýzou. Software slouží pro plné zpracování jednotlivých naměřených snímků pomocí experimentální aparatury (robotického RTG systému) do finálního skenu, a to jak 2D, tak i 3D CT (iterativní CT rekonstrukce) do požadovaných obrazových formátů. Dále umožňuje automatické zpracování spektrálních dat a spektrální analýzu nutnou pro vytvoření fyzikálně interpretovatelných dat vhodných pro následné analýzy strojového učení.

3. Detailní specifikace výsledku

Software (SW) je nedílnou součástí experimentální měřicí aparatury. Software můžeme obecně rozdělit na tři hlavní moduly:

- Kontrolní SW
 - SW pro ovládání robotického RTG systému, který zahrnuje i:
 - SW pro ovládání detektoru
 - SW pro ovládání rentgenky
- Rekonstrukční SW
 - Software pro zpracování a vizualizaci 2D a 3D spektrálních dat

REKONSTRUKČNÍ SOFTWARE

Vzhledem k běžným rozměrům zorného pole detektoru (přibližně 70 x 15 mm) je nutné pro zobrazení většího vzorku pořídit více statických snímků, které lze buď prohlížet samostatně, nebo je softwarově spojit do jednoho souvislého, přehledného snímku. Rekonstrukční software „RadalyX 4pi“ právě poskytuje uživateli plné zpracování těchto jednotlivých snímků do finálního skenu, a to jak 2D, tak i 3D CT (iterativní CT rekonstrukce) do požadovaných obrazových formátů. Rekonstrukční úlohy jsou vytvářeny jako projekty. Každý projekt obsahuje odkaz na zdrojová data různých typů měření a kalibrační data, nastavení zpracování a umístění výsledků. Výsledkem zpracování 2D dat je 32bitový obraz ve formátu TIFF, který zachovává plnou informaci bez ztráty obrazových dat. 3D řezy z měření výpočetní tomografií jsou uloženy ve formátu MHA, také bezztrátový formát včetně prostorových informací, zachovává plnou kvantitativní informaci a umožňuje správnou prostorovou interpretaci (měření vzdáleností, objemů).

Rekonstrukční software dále poskytuje náhled 2D zrekonstruovaného obrazu a u 3D CT měření umožňuje zobrazení řezů ve třech základních anatomických rovinách: koronární, sagitální a transverzální. Software disponuje nástroje pro práci se základními parametry, jako je velikost objemu, rotace, nastavení velikosti pixelu/voxelu, počet iterací u CT rekonstrukce, zobrazení geometrie skenu, a dále pokročilými parametry, jako je např. ořezávání jednotlivých naměřených

projekcí, maskování vadných pixelů či hran čipů, nastavení geometrických offsetů, nastavení maskování oblastí s různým útlumem pro RTG záření atd.

SOFTWARE PRO ANALÝZU SPEKTRÁLNÍCH DAT

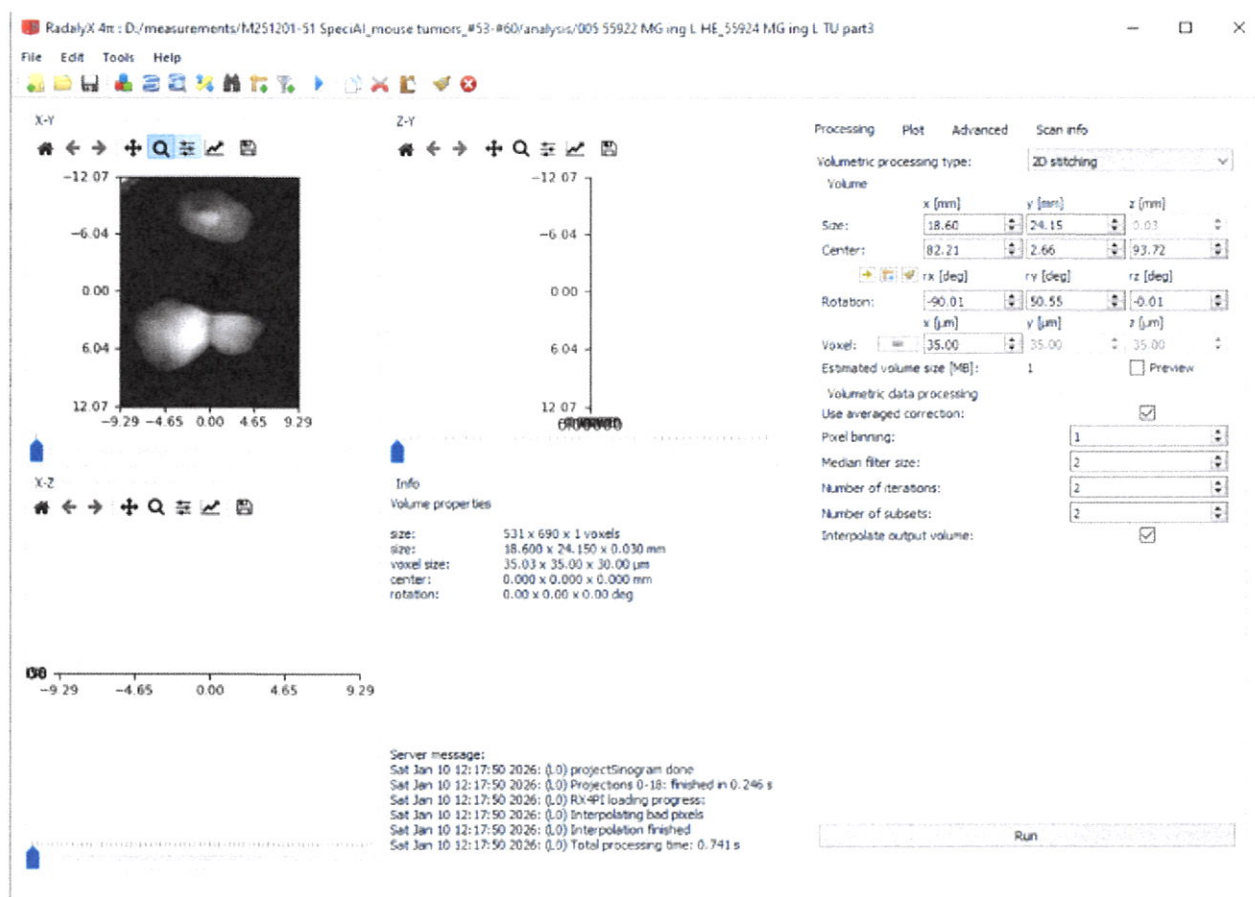
V rámci spektrálního RTG měření vzorků jsou získány spektrální RTG data, tzn. RTG obrazy na několika energetických hladinách (typicky třináct energetických hladin, v rozsahu 5-20 keV). Pro práci se spektrálními daty SW umožňuje automatické zpracování těchto obrazů na daných energetických kanálech. Dále SW obsahuje nástroje pro práci s energetickými kanály pro získání různých datových setů pro následnou analýzu spektrálních dat, a to:

- Vytvoření energetických košů (binů), a to odečtením dvou snímků na sousedních energetických hladinách.
- Normalizaci tzv. open-beam obrazem, tzn. obrazem bez vzorku.
- Logaritmickou transformaci naměřených intenzit RTG záření, a to pro získání **útlumového obrazu**, kde každý pixel reprezentuje projekci lineárního koeficientu útlumu a tloušťky.
 - Tento útlumový obraz poskytuje fyzikálně interpretovatelná data vhodná pro následné analýzy strojového učení.

SW nabízí také vizualizaci, kde je možné si v jednom okně prohlédnout všechny útlumové obrazy ve formátu PNG. Součástí je vizualizace útlumových křivek v oblastech zájmu ROI a také různé nástroje pro optimalizaci těchto křivek.

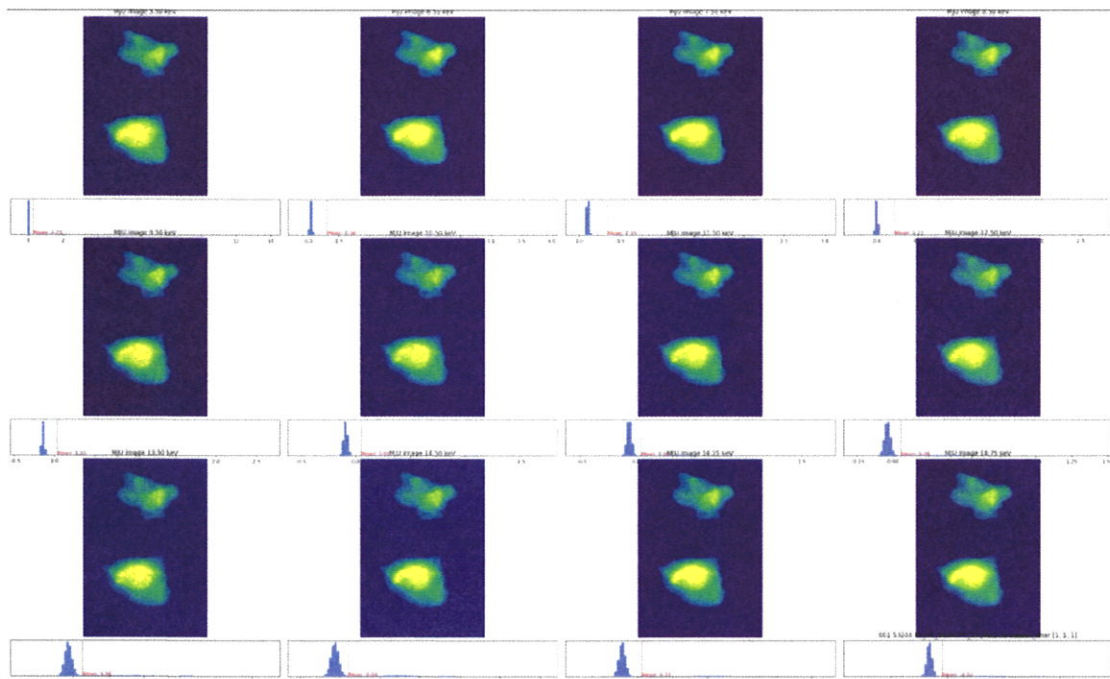
Výstupní data pro pokročilou analýzu pomocí algoritmů strojového učení partnera projektu, společnosti Carebot, jsou komplexně obsažena ve výsledném souboru, který obsahuje dataset všech útlumových obrazů v binárním formátu NPY (bezztrátový a přesný formát pro ukládání vícerozměrných numerických polí).

4. Prezentace výsledku



Obr. 1 Uživatelské rozhraní rekonstrukčního software pro zpracování dat

Na Obr. 1 je uvedeno grafické rozhraní rekonstrukčního SW, které umožňuje uživateli intuitivní nastavení různého typu rekonstruovaných dat, jako je 2D zpracování, 3D CT rekonstrukce, nebo tomosyntéza, stejně jako parametry rekonstrukce, jako je velikost rekonstruovaného objemu (dle velikosti rozsahu skenu), velikost pixelu/voxelu ve 3D objemu, pixel binning, medián filter, počet iterací v CT rekonstrukci. Výsledné skeny jsou ukládána na pevný disk v požadovaném bezztrátovém formátu pro analýzy strojového učení.



Obr. 2 Vizualizace útlumových obrazů, která vznikají spektrální analýzou

Na Obr. 2 je uvedena vizualizace, kde je možné si v jednom okně prohlédnout všechny útlumové obrazy ve formátu PNG. Součástí je zobrazení histogramu signálu v každém skenu.

5. Literatura

J. Jakůbek, "Data processing and image reconstruction methods for pixel detectors", NIM A 576 (2007) 223-234, doi:10.1016/j.

Ghita, Mohamed & Uher, Josef & Boháčová, Jana & Kadeřábek, Richard. (2022). Arbitrary Path CT by Multi-Robot Imaging Platform (RadalyX). e-Journal of Nondestructive Testing. 27. 10.58286/26587.

<https://wiki.advacam.cz/index.php/PIXet>