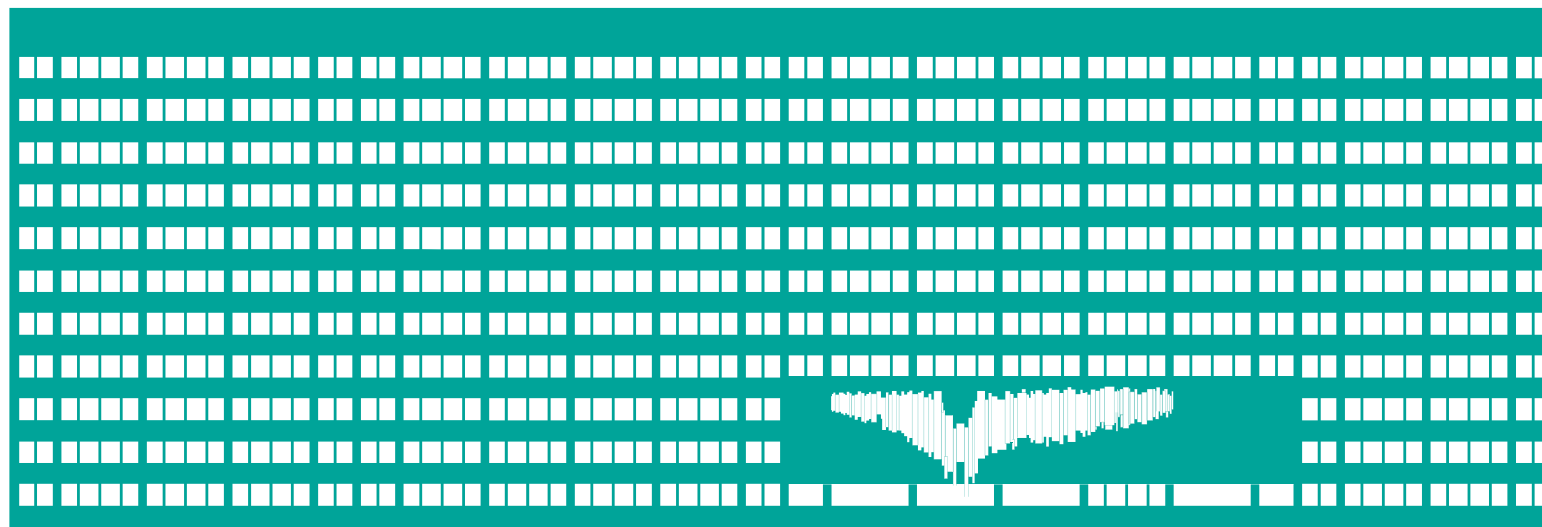


VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

# Metody registrace medicínských obrazů

Eliška Szalbotová

Trendy vývoje angiografických zobrazovacích systémů v lékařství

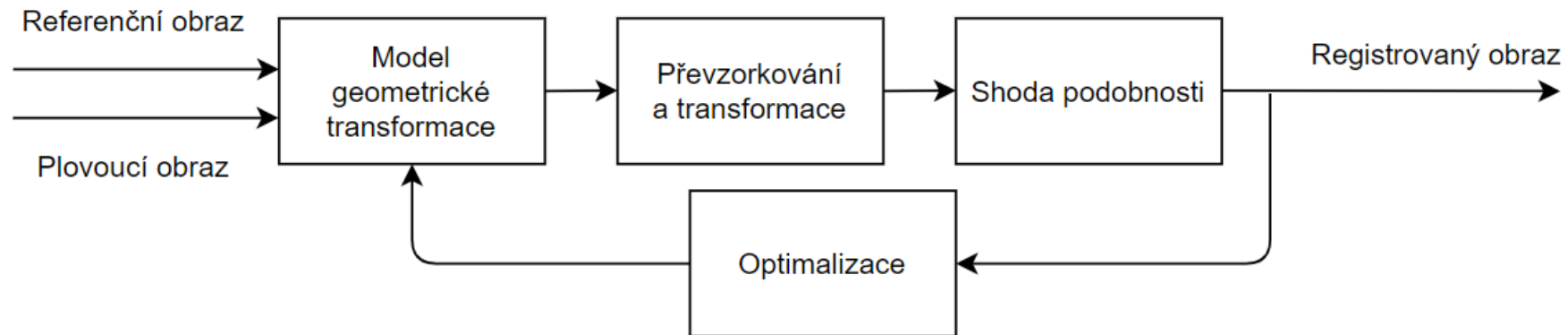
Kladno, 26. 11. 2021

# Registrace obrazu



Obr. 1: Ukázka registrace, zdroj vlastní.

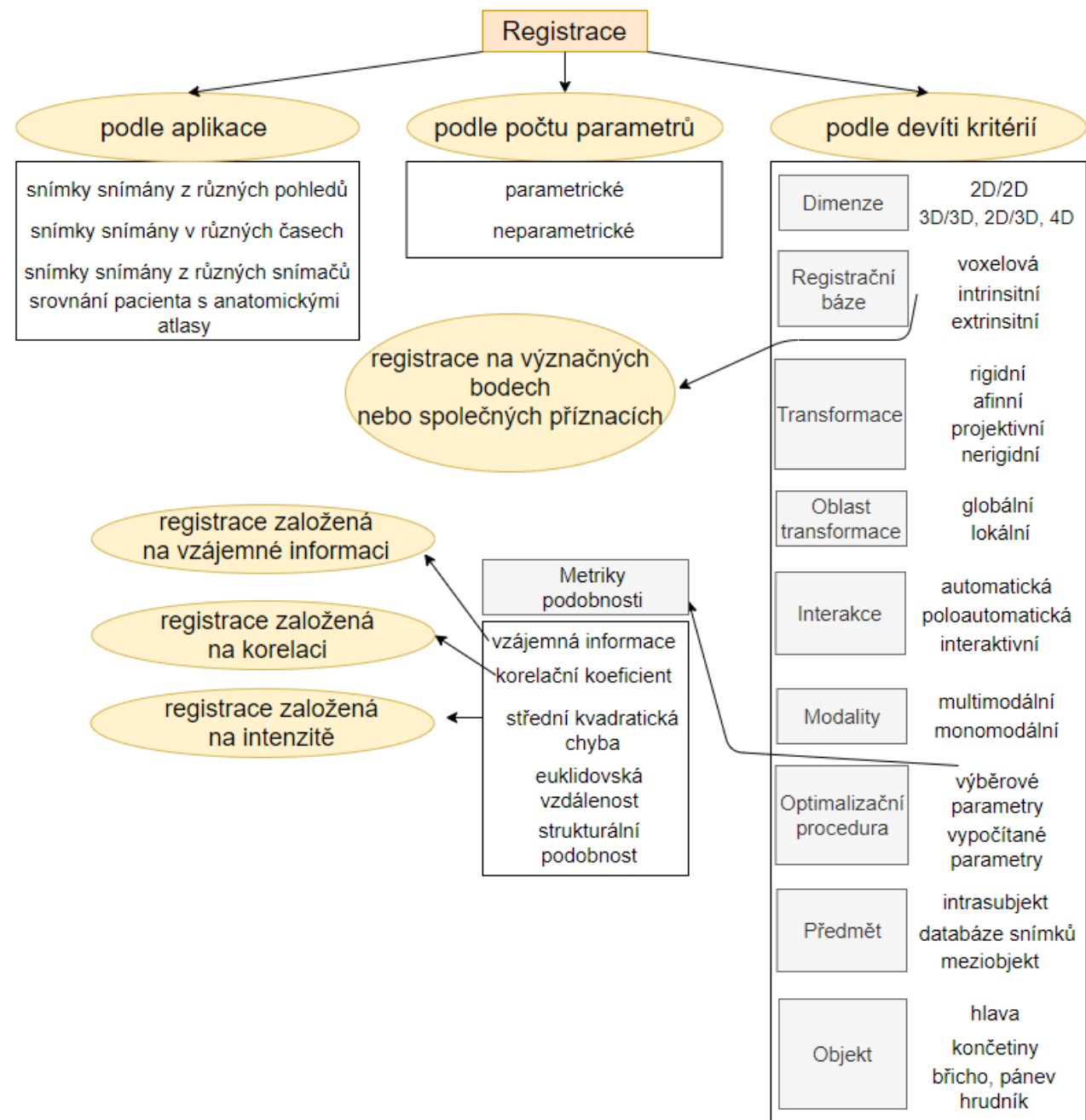
- *Vstup:* referenční a plovoucí obraz
- Registrace je proces nalezení **vhodné transformace** plovoucího obrazu
- *Použití:* úspěšnost léčby, růst nádorů, úplnější informace o pacientovi



Obr. 2: Jednotlivé kroky registrace, zdroj vlastní.

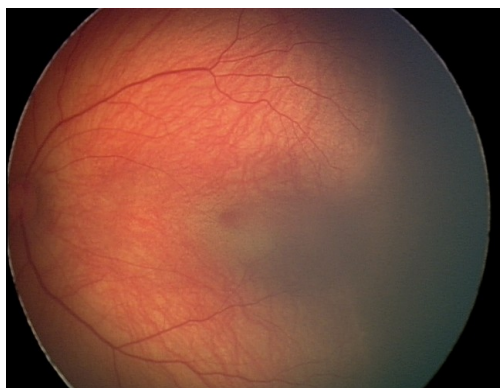
# Metody registrace obrazu

- Široké spektrum metod pro různá uplatnění
- *Nároky na zpracování:*
  - Krátký výpočetní čas, vysoká přesnost
- Multimodální a monomodální registrace



# Testovací sady snímků

## Sady snímků sítnice



- |                                  |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| • <i>Počet snímků:</i> 63        | • <i>Počet snímků:</i> 218        |
| • <i>Celková velikost:</i> 63 MB | • <i>Celková velikost:</i> 478 MB |
| • <i>Rozměr:</i> 640x480 px      | • <i>Rozměr:</i> 2912x2912 px     |
| • <i>Formát:</i> jpg             | • <i>Formát:</i> jpg              |

## Sady RTG snímků klíčnicích a stehenních kostí



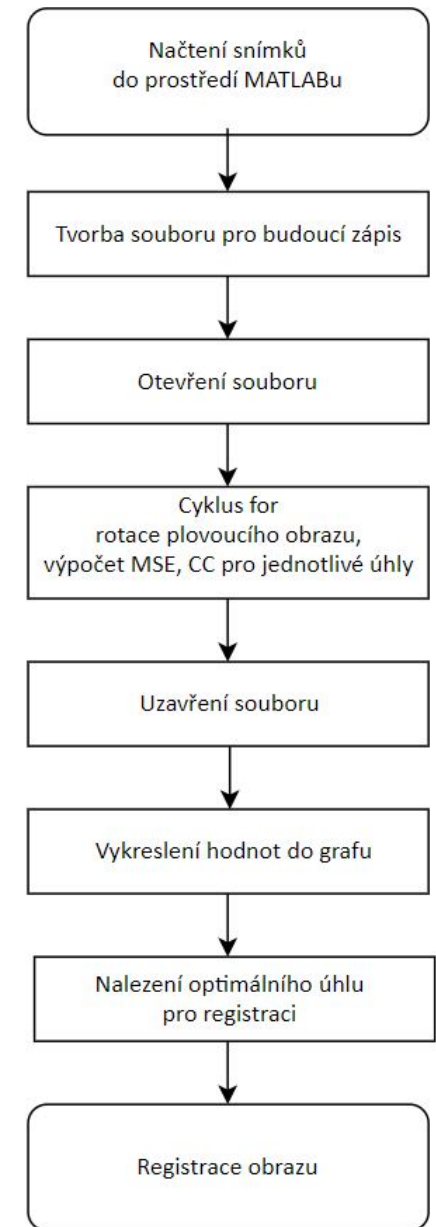
- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| • <i>Počet snímků:</i> 202        | • <i>Počet snímků:</i> 383        |
| • <i>Celková velikost:</i> 1,4 GB | • <i>Celková velikost:</i> 4,3 GB |
| • <i>Rozměr:</i> různý            | • <i>Rozměr:</i> různý            |
| • <i>Formát:</i> dicom            | • <i>Formát:</i> dicom            |

# Registrace geometrickou transformací

- Registrace se snímky sítnice
- Snímky zachycovaly stejnou scénu, byly však pootočené o určitý úhel
- Cílem bylo zjistit úhel otočení pro nejlepší registraci
- Geometrická transformace plovoucího snímku: **rotace 1–360 stupňů**
- *Evaluační techniky:*
  - střední kvadratická chyba (MSE)
  - korelační koeficient (CC)



Obr. 4: Grafická závislost evaluačních hodnot jedné dvojice snímků vstupujících do registrace, zdroj vlastní.



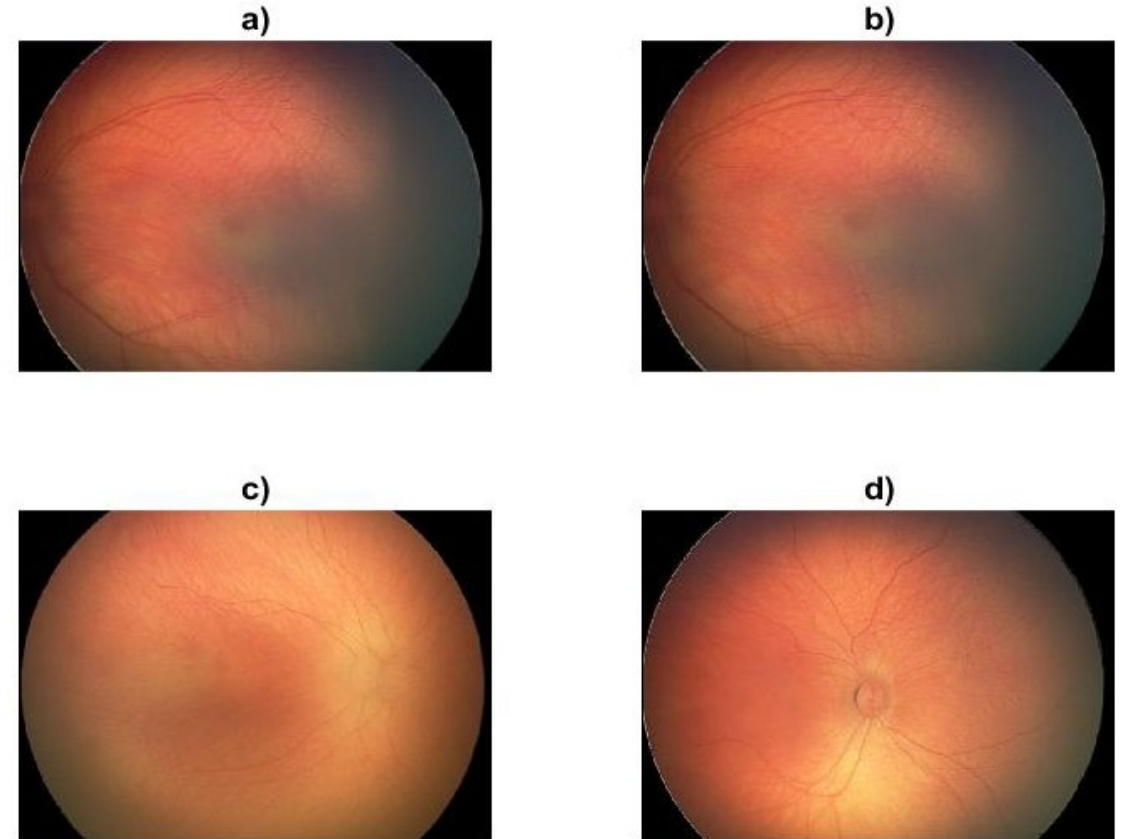
Obr. 5: Vývojový diagram úlohy, zdroj vlastní.

# Registrace geometrickou transformací – výsledky

- 18 plovoucích snímků, 14 optimálních úhlů

Tab. 1: Výsledné hodnoty, zdroj vlastní

Referenční snímek	Plovoucí snímek	max. CC (%)	min. MSE (-)	Úhel optimální registrace (°)
č. 1	č. 1	99,325	39,048	0
č. 1	č. 2	98,893	65,293	0
č. 2	č. 1	83,143	2443,566	0
č. 2	č. 2	91,064	1261,946	0
č. 2	č. 4	93,444	682,044	0
č. 2	č. 5	89,943	1191,173	0
č. 2	č. 6	86,627	1324,924	0
č. 2	č. 7	85,232	1606,700	180
č. 3	č. 1	99,185	87,492	0
č. 5	č. 1	93,108	1093,457	180
č. 5	č. 2	94,485	660,216	0
č. 5	č. 3	89,684	915,710	180
č. 6	č. 1	88,547	1007,964	0
č. 6	č. 2	89,661	868,613	359
<b>průměr:</b>		<b>91,596</b>	<b>946,296</b>	<b>64,214</b>



Obr. 6: Registrace snímků s nejlepšími hodnotami evaluačních technik. Registrace a) referenční snímek č. 1, plovoucí snímek č. 1; b) ref. snímek č. 1, plov. snímek č. 2; c) ref. snímek č. 3, plov. snímek č. 1; d) ref. snímek č. 5, plov. snímek č. 2, zdroj vlastní.

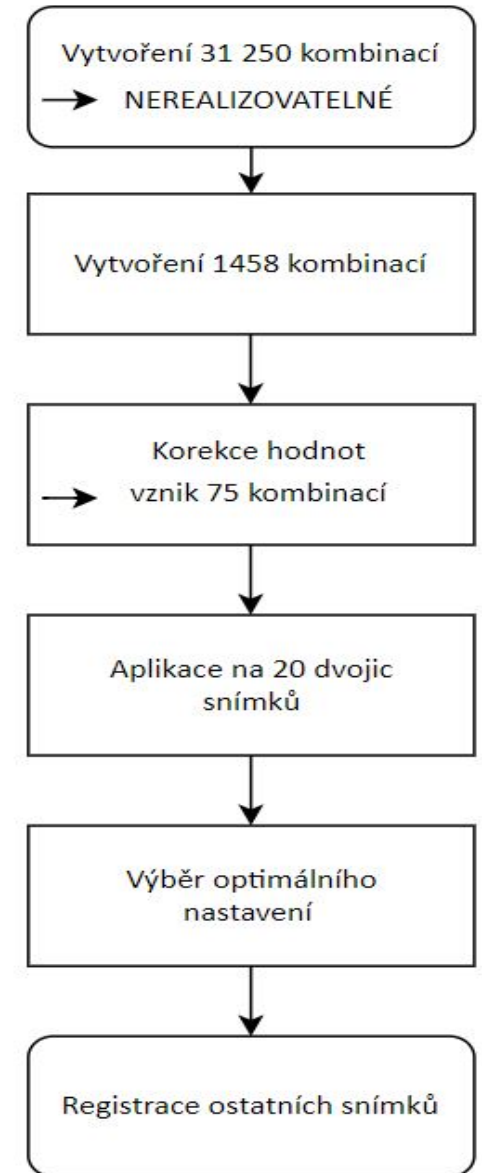
# Registrace založená na intenzitě

- Registrace se snímky sítnice, klíčnicích a stehenních kostí
- Proces probíhal pomocí optimalizátoru „1+1 Evolutionary“ a metriky podobnosti vzájemné informace
- Úkolem úlohy bylo seznámení s parametry optimalizátoru a metriky a nalezení optimálních hodnot tak, aby míra podobnosti byla co nejvyšší
- *Evaluační techniky:*
  - střední kvadratická chyba (MSE)
  - korelační koeficient (CC)
  - strukturální podobnost (SSIM)
  - Euklidovská vzdálenost (PDIST)



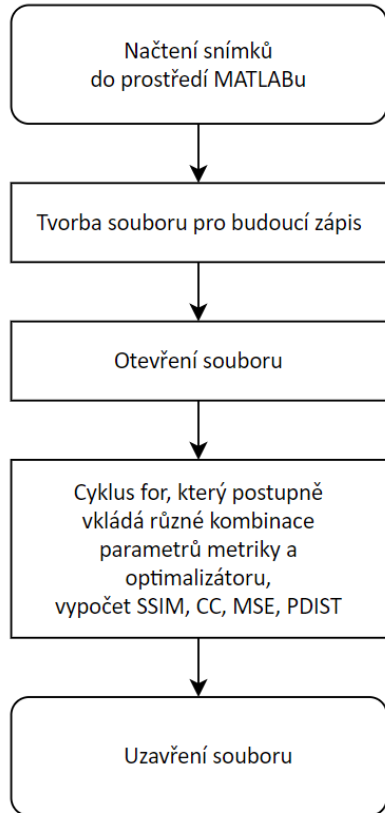
# Postup řešení

- *Prvotní představa:*
  - kombinace **pěti** různých hodnot pro šest vstupních parametrů a kombinace dvou hodnot pro sedmý parametr  
➔ výpočetně náročné a časově nerealizovatelné
- *Jednodušší řešení:*
  - kombinace **tří** různých hodnot pro šest vstupních parametrů a kombinace dvou hodnot pro sedmý parametr  
➔ vznik 1458 kombinací
- *Korekce hodnot*
  - ➔ 75 kombinací ➔ aplikováno na 20 dvojic snímků
- Všechny kombinace byly vytvořeny v excelu, následně propojeny s MATLABem a vyhodnocení výsledků probíhalo v excelu

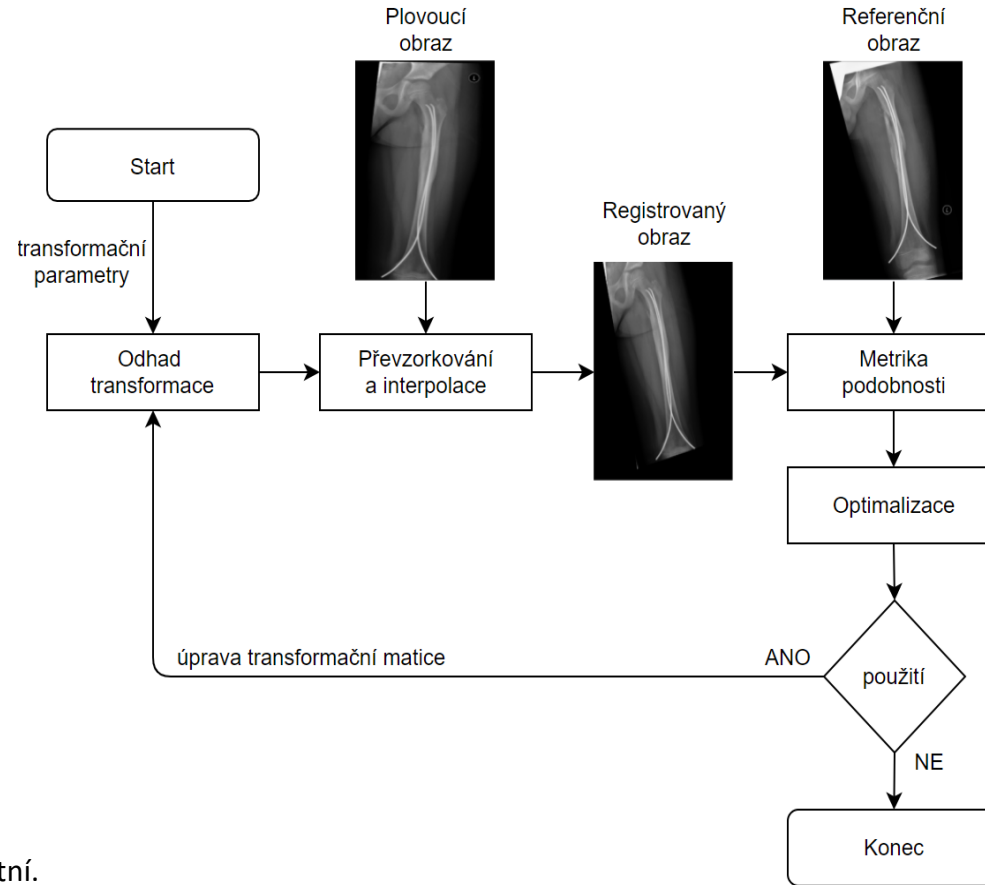


Obr. 7: Vývojový diagram úlohy, zdroj vlastní.

# Postup MATLABu



Obr. 8: Postup MATLABu, zdroj vlastní.



Obr. 9: Postup registrace obrazu, s využitím zdrojů [5,6].

## Parametry metriky vzájemné informace

- Počet prostorových vzorků (NSS)
- Počet intervalů histogramu (NHB)
- Výpočet metriky z překrývající se oblasti (UP)

## Parametry optimalizátoru

- Růstový faktor poloměru vyhledávání (GF)
- Minimální hodnota poloměru vyhledávání (E)
- Počáteční hodnota poloměru vyhledávání (IR)
- Maximální počet opakování optimalizátoru (MaxI)

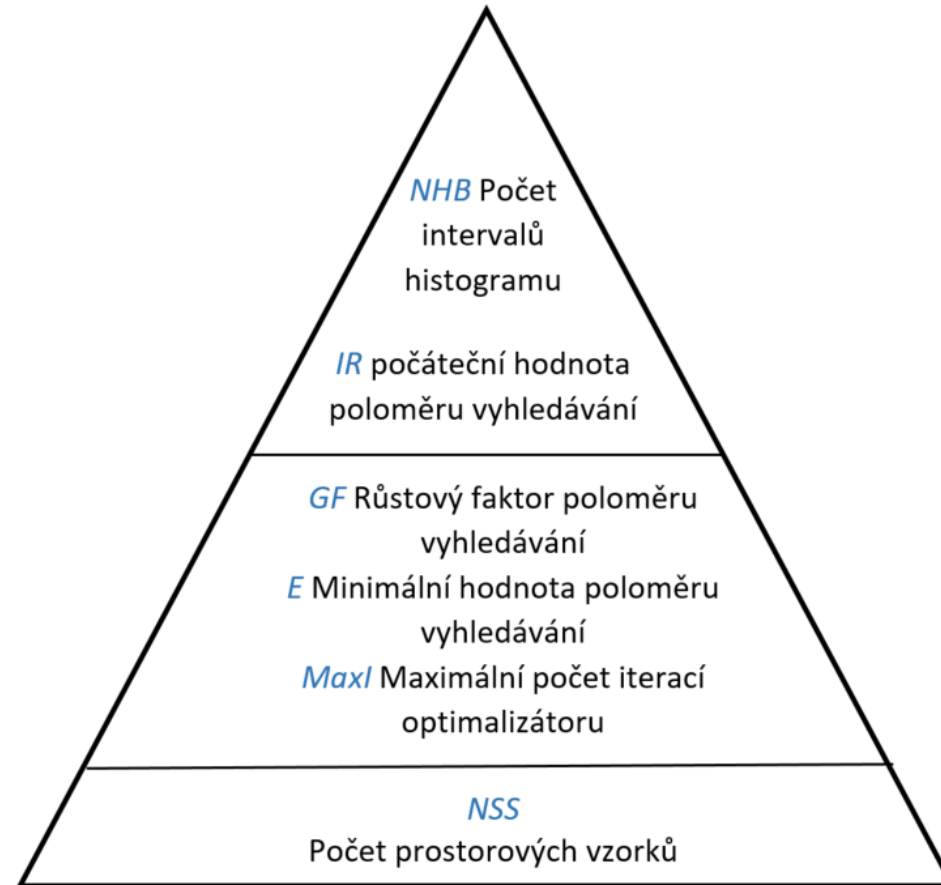
# Registrace založená na intenzitě – výsledky

- Z prvního testování se 1458 kombinacemi bylo zjištěno:
  - Parametr UP=0 (false) nelze použít, vykazuje nestabilní výsledky → UP=1 (true)
  - Parametr NSS neovlivní evaluační hodnotu
  - Parametr E závisí na hodnotách parametrů GF a MaxI

Tab. 2: Výsledné hodnoty, zdroj vlastní

NSS	NHB	UP	GF	E	IR	MaxI	SSIM	CC	MSE	PDIST
300	30	1	1,05	$7,5 \cdot 10^{-6}$	0,00312500	1 300	0,91966	0,74873	605 698	47 698
300	30	1	1,05	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0,00312500	1 300	0,91966	0,74873	605 698	47 698
300	30	1	1,15	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,00000063	1 300	0,91813	0,81278	460 585	44 470
300	30	1	1,15	$1,5 \cdot 10^{-6}$	0,00000063	1 300	0,91470	0,80624	478 090	44 248
300	30	1	1,25	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,00000063	1 300	0,91924	0,81077	463 357	44 694
300	30	1	1,25	$1,5 \cdot 10^{-6}$	0,00000063	1 300	0,90197	0,77453	553 158	45 859

# Registrace založená na intenzitě – výsledky



Obr. 10: Významnost parametrů, zdroj vlastní.

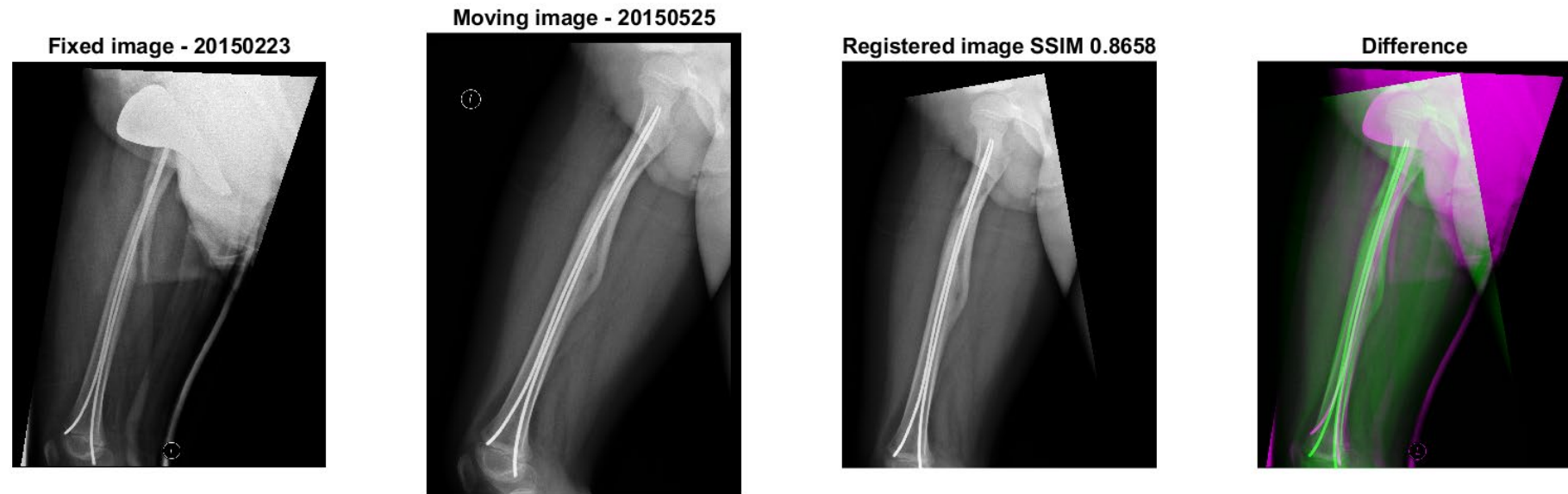
# Registrace založená na intenzitě – výsledky

- Z testování se 75 kombinacemi bylo zjištěno:
  - Volba vstupních parametrů závisí na podobnosti snímků
    - Velká podobnost obrazů = spolehlivé výstupy = minimální vliv parametrů
    - Nízká podobnost obrazů = výsledky vykazují velký interval jednotlivých evaluačních technik
  - Pro určení optimální kombinace parametrů je nutné brát v úvahu podobnost mezi snímky
    - ➔ výběr pomocí Top indexu

# Registrace založená na intenzitě – výsledky

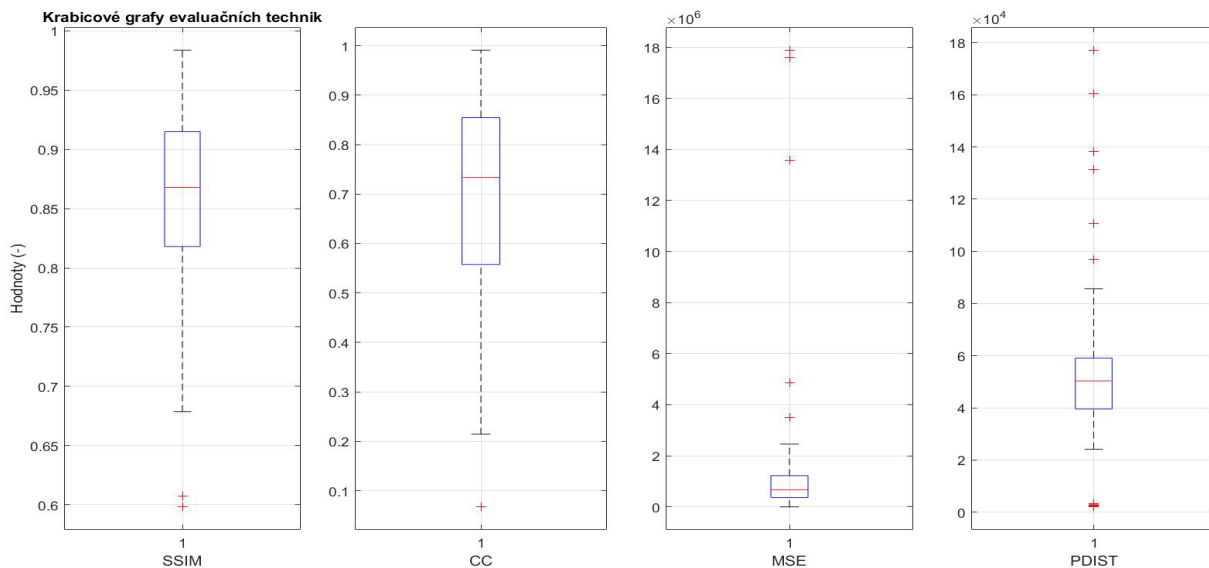
Tab. 3: Optimální nastavení, zdroj vlastní

NSS	NHB	UP	GF	E	IR	MaxI
300	30	1	1,15	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-7}$	1300

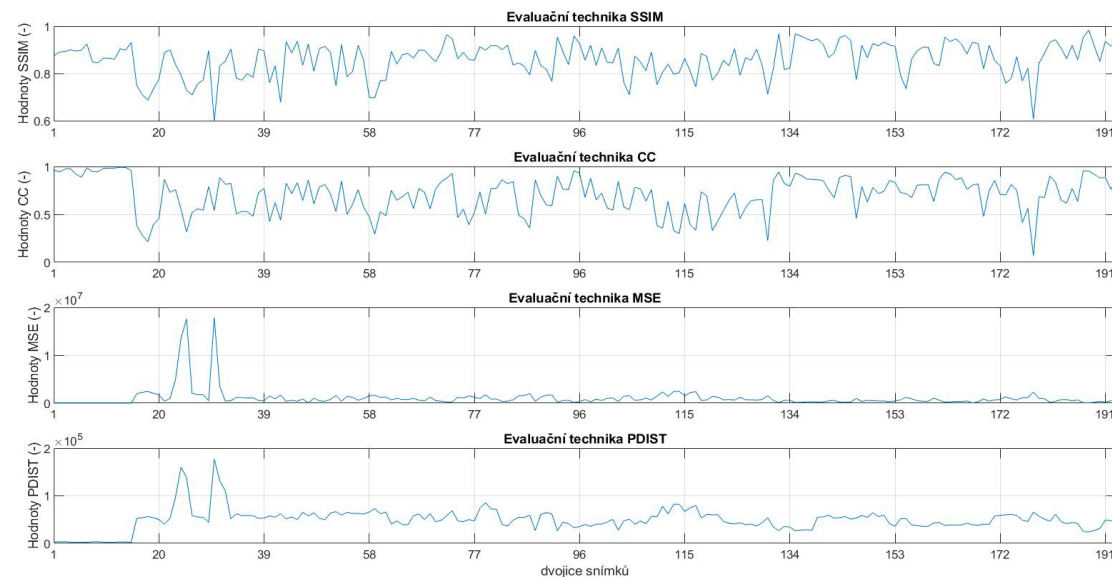


Obr. 11: Výsledek aplikace optimální kombinace, zdroj vlastní.

# Registrace založená na intenzitě – výsledky



Obr. 12: Krabicové grafy s rozložením evaluačních hodnot, zdroj vlastní.



Obr. 13: Závislost evaluačních technik, zdroj vlastní.

Tab. 4: Výsledné hodnoty evaluací, zdroj vlastní

Typ snímků	Počet snímků	Průměrná hodnota SSIM (-)	Průměrná hodnota CC (-)	Průměrná hodnota MSE (-)	Průměrná hodnota PDIST (-)
Retina	15	0,8586	0,6998	1 070 470	49 522
RTG horní část	46				
RTG dolní část	132				

# Děkuji za pozornost

Eliška Szalbotová



# Literatura

- [1] M. Su; C. Zhang; Z. Chen et al. "Registration of multimodal brain images based on optical flow," *2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, Shanghai, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/CISP-BMEI.2017.8302198.
- [2] Mani, V.R.s & Selvaraj, Arivazhagan. (2013). Survey of medical image registration. *Journal of Biomedical Engineering and Technology*. 1. 8-25.
- [3] WYAWAHARE, M.V., P.M. PATIL a H.K. ABHYANKAR. Image Registration Techniques: An overview. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition* [online]. 2009, 2009, 2(3), - [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.177.5585&rep=rep1&type=pdf>
- [4] MODERSITZKI, Jan. Numerical methods for image registration. Oxford: Oxford University Press, 2004. Numerical mathematics and scientific computation. ISBN 0-19-852841-8.
- [5] ZHANG, X., H. DONG, D. GAO a X. ZHAO. A Comparative Study for Non-rigid Image Registration and Rigid Image Registration. In: - [online]. -: -, 2020, 12. 1. 2020 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://arxiv.org/pdf/2001.03831.pdf>
- [6] Intensity-Based Automatic Image Registration. *MathWorks* [online]. United Kingdom: The MathWorks, c1994\_2021 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://uk.mathworks.com/help/images/intensity-based-automatic-image-registration.html>