

Dose3D: krok do przodu w kontroli jakości w radioterapii

dr inż. Mateusz Baran

Akademia Górniczo-Hutnicza

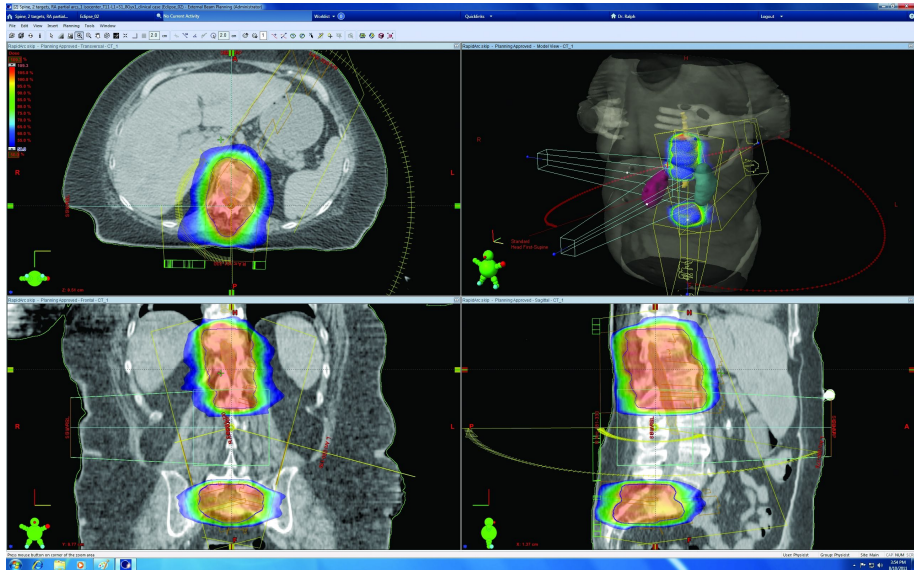
19 marca 2024

Kontrola jakości w radioterapii

Teleradioterapia: niszczenie komórek nowotworowych z użyciem zewnętrznego źródła promieniowania jonizującego.

Podstawowe etapy radioterapii

- 1 Decyzja terapeutyczna
- 2 Wybór metody leczenia
- 3 Wybór metody unieruchomienia pacjenta
- 4 Obrazowanie
- 5 Lokalizacja guza, symulacja
- 6 Komputerowe planowanie leczenia
- 7 **Weryfikacja planu leczenia, resymulacja**
- 8 Napromienienie pacjenta
- 9 Weryfikacja wyniku leczenia



Rysunek: System planowania leczenia Eclipse (Varian)

https://www.dotmed.com/virtual-trade-show/category/radiation-therapy/treatment-planning_guidance_monitoring-software/models/varian/eclipse-treatment-planning-system/18048

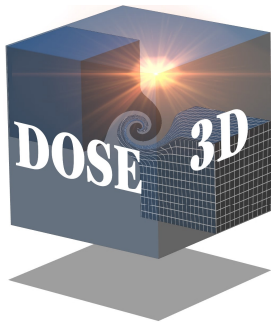
Projekt Dose3D (2019 - 2023)

Rekonfigurowalny detektor do pomiaru przestrzennego rozkładu dawki promieniowania dla zastosowań w przygotowaniu indywidualnych planów leczenia pacjentów.

AGH : Lider, elektronika.

PK : Analiza danych, projektowanie części mechanicznych.

NIO : Scyntylatory, testy.



Zespół badawczy PK:

- prof. dr hab. Michael Waligórski — lider R&D
- prof. dr hab. Zbysław Tabor
- dr hab. inż. Krzysztof Rzecki — członek zespołu zarządzającego
- dr inż. Tomasz Nabagło
- dr inż. Bartosz Rachwał
- dr inż. Mateusz Baran
- dr inż. Kinga Jeleń

Więcej szczegółów na <https://dose3d.pk.edu.pl/>

Wyniki PK

- 1 Artykuły naukowe
- 2 Oprogramowanie do analizy danych, kontroli jakości i anonimizacji
- 3 Projekt elementów mechanicznych i wniosek patentowy
- 4 Wyniki badań czekające na publikację

Kontrola jakości:

- M. Baran, D. Kabat, M. Tulik, K. Rzecki, T. Sośnicki, and Z. Tabor, “Statistical approach to the selection of the tolerances for distance to agreement improves the quality control of the dose delivery in radiotherapy,” *Phys. Med. Biol.*, vol. 65, no. 14, p. 145004, Jul. 2020.
- M. Baran, Z. Tabor, M. Tulik, D. Kabat, K. Rzecki, T. Sośnicki, and M. Waligórski, “Are gamma passing rate and dose-volume histogram QA metrics correlated?,” *Med Phys*, vol. 48, no. 9, pp. 4743–4753, Sep. 2021.
- M. Baran, Z. Tabor, D. Kabat, M. Tulik, K. Jeleń, K. Rzecki, B. Forostianyi, K. Bałabuszek, R. Koziarski, and M. P. R. Waligórski, “Isodoses—a set theory-based patient-specific QA measure to compare planned and delivered isodose distributions in photon radiotherapy,” *Strahlenther Onkol*, vol. 198, pp. 849–861, Jun. 2022.

Mo delowanie dostarczania dawek:

- Z. Tabor, D. Kabat, and M. P. R. Waligórski, “DeepBeam: a machine learning framework for tuning the primary electron beam of the PRIMO Monte Carlo software,” *Radiation Oncology*, vol. 16, no. 1, p. 124, Jun. 2021.
- M. Baran, Z. Tabor, K. Rzecki, P. Ziaja, T. Szumlak, K. Kalecińska, J. Michczyński, B. Rachwał, M. P. R. Waligórski, and D. Sarrut, “Application of Conditional Generative Adversarial Networks to Efficiently Generate Photon Phase Space in Medical Linear Accelerators of Different Primary Beam Parameters,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 12, Art. no. 12, Jan. 2023.

Inne:

- Ž. Knežević, [...], K. Jeleń, [...], “Out-of-Field Doses Produced by a Proton Scanning Beam Inside Pediatric Anthropomorphic Phantoms and Their Comparison With Different Photon Modalities,” *Frontiers in Oncology*, vol. 12, Jul. 2022.
- S. D. Axen, M. Baran, R. Bergmann, and K. Rzecki, “Manifolds.jl: An Extensible Julia Framework for Data Analysis on Manifolds,” *ACM Trans. Math. Softw.*, Sep. 2023.

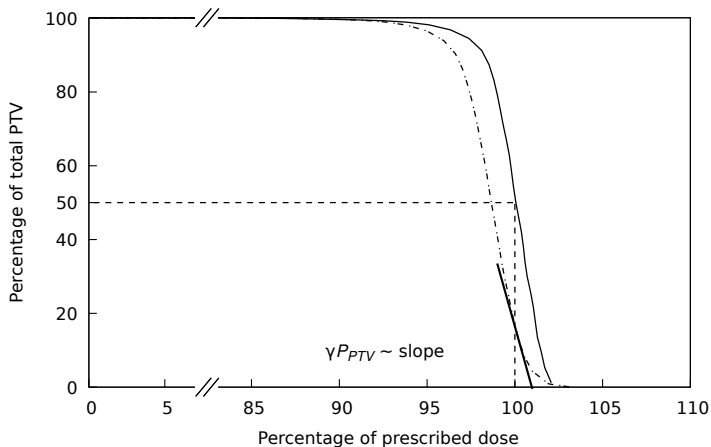
Statystyczne metody wyboru tolerancji dla indeksu gamma

Indeks gamma:

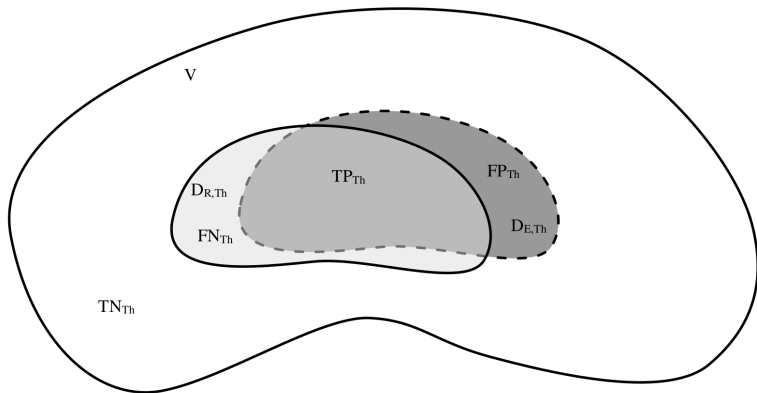
$$\gamma(P) = \min_{Q \in N_P} \sqrt{\frac{d(P, Q)^2}{\Delta_{DTA}^2} + \frac{DD(P, Q)^2}{\Delta_{DD}^2}} \quad (1)$$

Dawka w punkcie P jest dostarczana w granicach normy jeśli $\gamma(P) < 1$.

Analiza DVH (*Dose-Volume Histogram*) – brak korelacji z indeksem gamma.



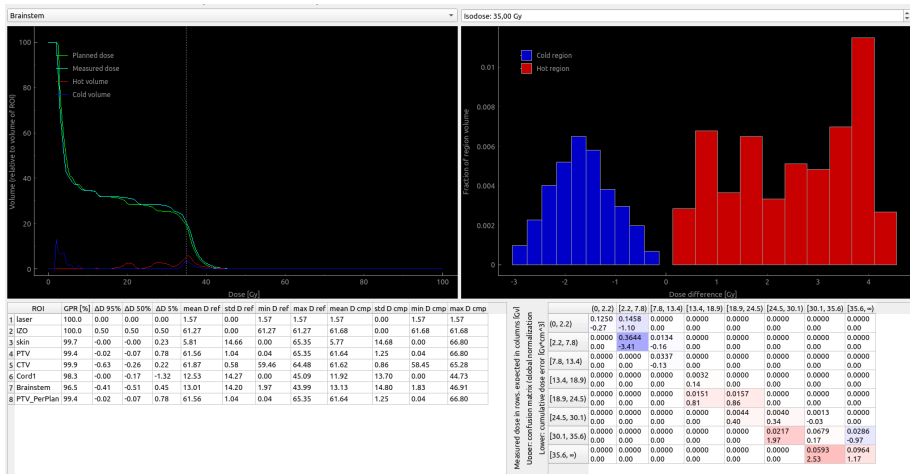
Analiza błędów oparta o izodozy

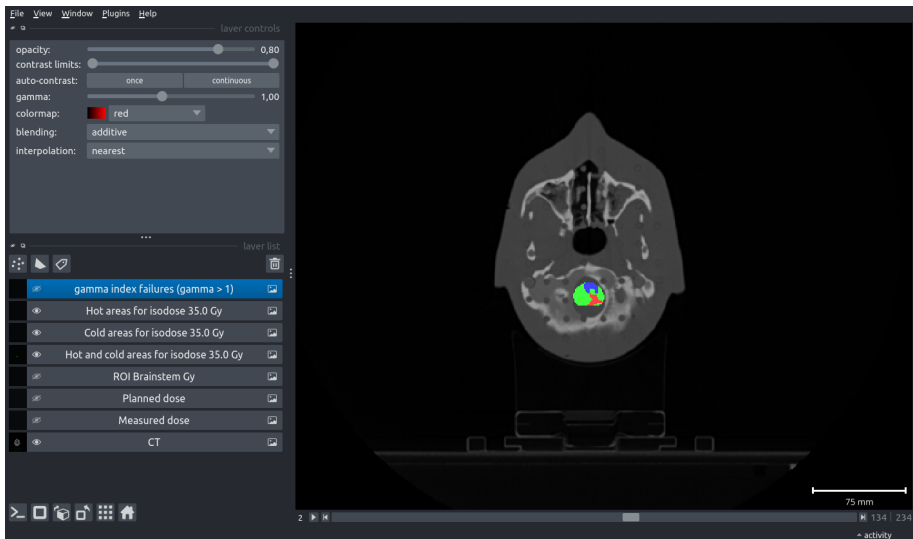


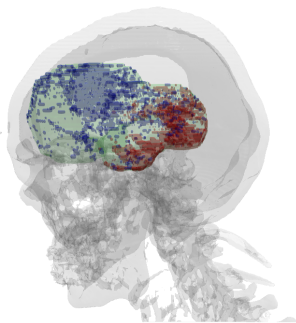
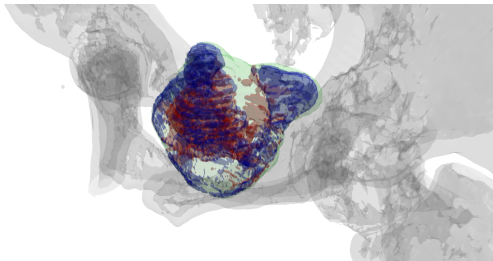
Dla każdego poziomu D dawki mamy dwa rodzaje błędów:

- *false negative*: dawka miała być wyższa niż D , ale jest niższa.
- *false positive*: dawka miała być niższa niż D , ale jest wyższa.

Aplikacja do analizy (wykorzystywana w ŚCO)

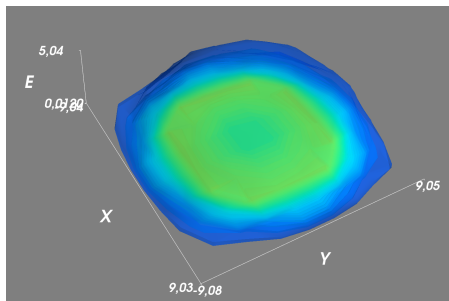
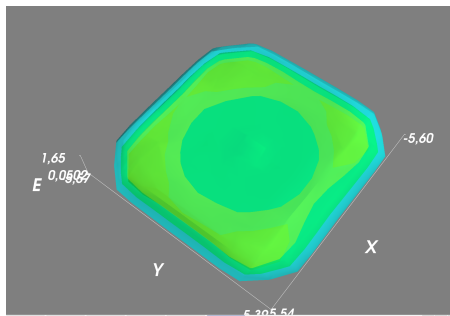






Generowanie przestrzeni fazowych akceleratorów

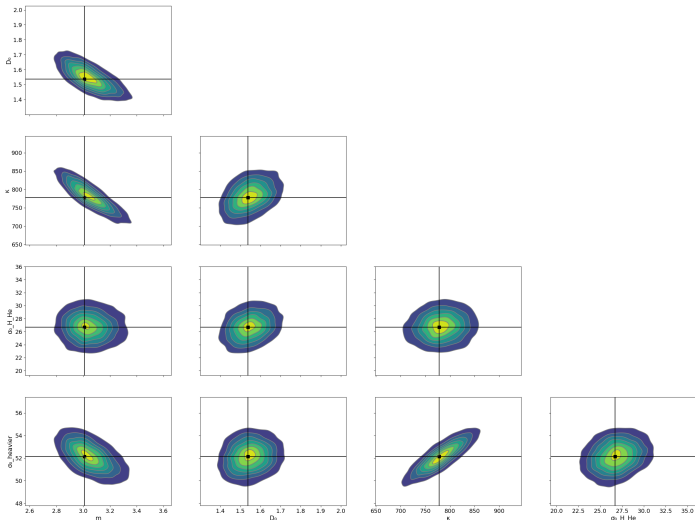
Problem: generowanie przestrzeni fazowych za drugim kolimatorem jest czasochłonne i zależy od charakterystyki źródła.



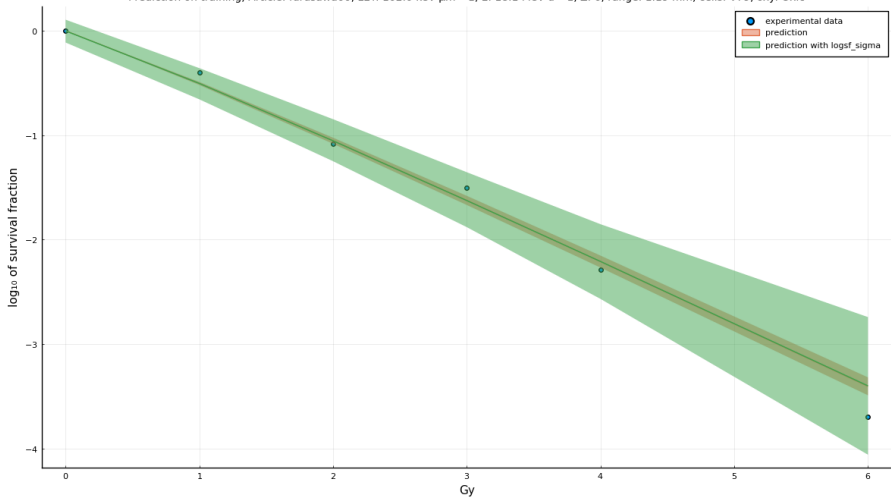
Rysunek: Rozkłady energii względem pozycji na płaszczyźnie: Clinac (lewy) i Elekta (prawy)

Jaka jest przeżywalność komórek po naświetleniu?

Modele probabilistyczne pozwalają na względnie proste dopasowywanie parametrów skomplikowanych modeli.



Prediction on training; Article: furusawa00, LET: 102.0 keV μm^{-1} , E: 18.1 MeV u^{-1} , Z: 6, range: 1.19 mm, cells: V79, oxy: Oxlc



W trakcie realizacji: modelowanie zmian anatomii pacjenta w trakcie radioterapii.

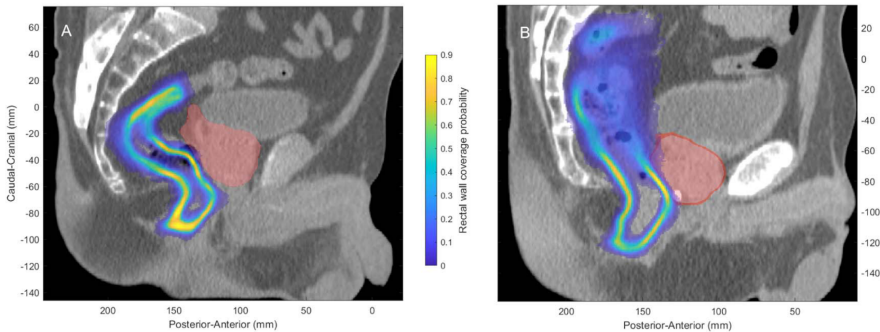


Figure 3. Coverage probability matrices for the rectal wall on a sagittal slice of the CT scan for two example patients—a ‘small mover’ (A) and a ‘large mover’ (B). The red area is the high dose volume to the prostate, that receives more than 67 Gy EQD₂.

Rysunek: Źródło: Ø. L. Rørtveit et al., “An organ deformation model using Bayesian inference to combine population and patient-specific data,” *Phys. Med. Biol.*, vol. 68, no. 5, p. 055009, Feb. 2023.

Dziękuję za uwagę