



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Ετήσια έκθεση προόδου PhD

Αναγνώστου Ηλίας, Νοέμβριος 2023

Τίτλος: **Μελέτη της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας σε ιατρικά απεικονιστικά συστήματα.**

(αρ. απόφασης 21/12-11-2021)

Επιβλέπων Καθηγητής: **Νεκτάριος Καλύβας**

Συμβουλευτική Επιτροπή: **Νεκτάριος Καλύβας, Λιαπαρίνος Παναγιώτης, Χρήστος Μιχαήλ**

Αρχικοί ερευνητικοί στόχοι

- Η μελέτη της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας σε ιατρικά απεικονιστικά συστήματα. Η μελέτη περιλαμβάνει την προσομοίωση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας, μέσω της μεθόδου MONTE CARLO με χρήση του πακέτου λογισμικού PENELOPE. Κατά την προσομοίωση θα λαμβάνεται υπόψη ως μεταβλητές ο ανιχνευτής, η ενέργεια της ακτινοβολίας και το πάχος του εξεταζόμενου. Το πακέτο προσομοίωσης PENELOPE που θα χρησιμοποιηθεί βασίζεται στη γλώσσα FORTRAN και είναι ανοιχτού κώδικα. Τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν για τη διόρθωση της ασάφειας στην εικόνα που προκαλείται από τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία στα απεικονιστικά συστήματα, μέσω χρήσης ψηφιακών αλγορίθμων.

Αναφορά προόδου για το έτος 2023

Σε συνέχεια της προηγούμενης έκθεσης προόδου, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις φασμάτων ακτίνων X με χρήση του πακέτου λογισμικού PENELOPE από 50 kV ως 140 kV σε μεγαλύτερο όγκο δεδομένων. Αναλυτικότερα πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις σε πάχη ιστού 5 cm, 8 cm, 10 cm, 14cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm και 40 cm με σκοπό την εύρεση του προφίλ της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας για κάθε φάσμα.

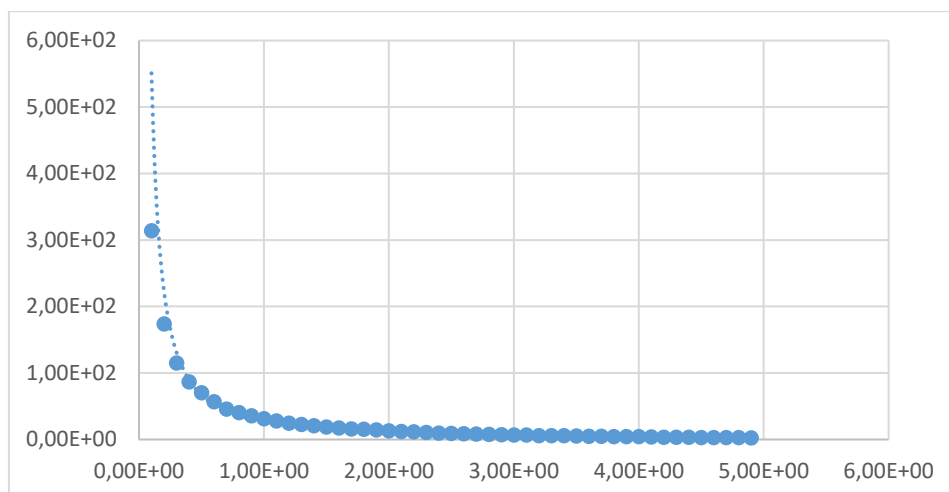
Στις προσομοιώσεις δόθηκε μεγάλη έμφαση στη κυλινδρική κατανομή δόσης (Cylindrical Dose) και στο χρόνο της προσομοίωσης λόγω ότι η σκεδαζόμενη ακτινοβολία εξαρτάται από το πάχος και το φάσμα. Επιπλέον, οι ενέργειες αποκοπής (cut-off) έχουν σημαντική επίδραση στις κατανομές της δόσης και στο χρόνο της προσομοίωσης.

Για το προσδιορισμό των ενεργειών αποκοπής μελετήθηκε η βιβλιογραφία του Monte Carlo και επιλέχθηκαν ως ενέργειες αποκοπής τα 10 keV για τα ηλεκτρόνια και 5 keV για τα φωτόνια [1-9].

Η προσομοίωση όλων των φασμάτων πραγματοποιήθηκε για αριθμό ιστοριών ίσο με 10^7 και ο μέγιστος προβλεπόμενος χρόνος της προσομοίωσης ορίστηκε σε 1200 δευτερόλεπτα (20 λεπτά). Σε όλα τα φάσματα η δειγματοληψία κατά μήκος της ακτίνας βάσης ενός κυλίνδρου (κυλινδρική κατανομή) ορίστηκε με βήμα 0,1 cm (pixel size).

Μετά το τερματισμό κάθε προσομοίωσης, τα αποτελέσματα καταχωρήθηκαν στο Microsoft Excel και βρέθηκε το προφίλ της σκεδαζόμενη ακτινοβολίας κάθε φάσματος και η εξίσωση της.

Ενδεικτικά κι όπως φαίνεται στο σχήμα 1 που ακολουθεί, για πάχος ιστού 5cm και φάσμα ακτίνων X 90 kVr με φίλτρο 2mm Al υπολογίστηκε ότι το προφίλ της σκεδαζόμενης μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά από τη σχέση $y = 27,109 \cdot x^{-1,308}$.



Σχήμα 1. Προφίλ της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας για φάσμα ακτίνων X 90 kV με φίλτρο 2mm Al, θεωρώντας κυλινδρική συμμετρία

Μελλοντική δουλειά

Το επόμενο βήμα είναι η αξιολόγηση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας των φασμάτων ακτίνων X. Αυτό θα συμβεί υπολογίζοντας την PSF (Point Spread Function), η οποία δείχνει την σκεδαζόμενη ακτινοβολία σε μορφή εικόνας δηλαδή την οπτική αναπαράσταση του τρόπου με τον οποίο η ακτινοβολία διασκορπίζεται και εξαπλώνεται στον χώρο, και την MTF (Modulation Transfer Function) η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ικανότητα του συστήματος να μεταφέρει χωρικές συχνότητες και την ανάλυση που επιτυγχάνεται. Με αυτό τον τρόπο συνδυάζοντας την MTF και το PSF, μπορεί να εκτιμηθεί το επίπεδο σκέδασης της ακτινοβολίας στην εικόνα που παράγεται από το σύστημα. Αυτή η εκτίμηση δείχνει το πώς επηρεάζονται οι λεπτομέρειες και η

ανάλυση της εικόνας από την σκεδαζόμενη ακτινοβολία του συστήματος. Ο υπολογισμός της PSF και MTF θα γίνει με την δημιουργία κώδικα στο MATLAB.

Βιβλιογραφία

[1] Jabbari K. (2011), Review of fast monte carlo codes for dose calculation in radiation therapy treatment planning. J Med Signals Sens. Jan;1(1):73-86. PMID: 22606661; PMCID: PMC3317764.

[2] Habib B, Poumarede B, Tola F, Barthe J. (2010) Evaluation of PENFAST--a fast Monte Carlo code for dose calculations in photon and electron radiotherapy treatment planning. Phys Med. Jan;26(1):17-25. doi: 10.1016/j.ejmp.2009.03.002. Epub 2009 Apr 1. PMID: 19342258.

[3] Asai Makoto, Cortés-Giraldo Miguel A., Giménez-Alventosa Vicent, Giménez Gómez Vicent, Salvat Francesc. (2021) The PENELOPE Physics Models and Transport Mechanics. Implementation into Geant4, Frontiers in Physics , DOI=10.3389/fphy.2021.738735

[4] M. Vilches, S. García-Pareja, R. Guerrero, M. Anguiano, A.M. Lallena. (2007) Monte Carlo simulation of the electron transport through thin slabs: A comparative study of penelope, geant3, geant4, egsnrc and mcnp, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 254(2), 219-230, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2006.11.061>.

[5] Sempau J, Kazantsev P, Izewska J, Brualla L. (2021) Monte Carlo verification of the holder correction factors for the radiophotoluminescent glass dosimeter used by the IAEA in international dosimetry audits. 86:1-5. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.04.014. Epub 2021 May 24. PMID: 34044284.

[6] Sempau J, Sánchez-Reyes A, Salvat F, ben Tahar HO, Jiang SB, Fernández-Varea JM. (2001) Monte Carlo simulation of electron beams from an accelerator head using PENELOPE. Phys Med Biol., 46(4):1163-86. doi: 10.1088/0031-9155/46/4/318. PMID: 11324958.

[7] Spyrou G, Tzanakos G, Bakas A, Panayiotakis G. (1998). Monte Carlo generated mammograms: development and validation. Phys Med Biol., 43(11):3341-57. doi: 10.1088/0031-9155/43/11/012. PMID: 9832020.

[8] Liaparinos PF, Kandarakis IS, Cavouras DA, Delis HB, Panayiotakis GS. (2006). Modeling granular phosphor screens by Monte Carlo methods. Med Phys., 33(12):4502-14. doi: 10.1118/1.2372217. PMID: 17278802.

[9] Sempau, J. (2019). PENELOPE / penEasy User Manual.

ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Νεκτάριος Καλύβας, PhD (ΕΚ)

Λιαπαρίνος Παναγιώτης, PhD

Χρήστος Μιχαήλ, PhD