

# Nghiên cứu phân bố suất liều xung quanh thiết bị X-quang chẩn đoán trên nền tảng chương trình MCNP5

- **Trương Thị Hồng Loan**
- **Nguyễn Thị Cẩm Thu**
- **Đoàn Thị Hiền**  
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM
- **Trần Ái Khanh**  
Trường Đại học Tiền Giang
- **Võ Thị Thùy Dung**  
Trường Đại học Sư phạm Tp. HCM
- **Đặng Nguyễn Phương**  
Viện Vật lý, Trường Đại học Freiburg, CHLB Đức
- **Thái Mỹ Phê**
- **Lỗ Thái Sơn**  
Trung tâm Kỹ thuật Hạt nhân Tp. HCM
- **Lê Thanh Xuân**  
Viện khoa học và công nghệ tính toán Tp. HCM
- **Phan Thị Quý Trúc**  
Sở Khoa học và công nghệ Tp. HCM
- **Nguyễn Anh Tuấn**  
Bệnh viện Nhi Đồng I Tp. HCM

(Bài nhận ngày 02 tháng 01 năm 2013, nhận đăng ngày 28 tháng 03 năm 2014)

## TÓM TẮT

Công trình nghiên cứu này nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước phòng X quang lên an toàn bức xạ. Để có thể tính toán an toàn bức xạ trong phòng X quang, công việc đầu tiên là cần xác định chính xác phân bố suất liều bên trong phòng và suất liều hấp thụ gây ra cho bệnh nhân trong mỗi

lần chụp. Với sự trợ giúp của chương trình MCNP5, nhóm tác giả khảo sát phân bố suất liều bên trong phòng X quang chẩn đoán tại Bệnh viện Nhi Đồng I Tp. HCM. Sự thay đổi phân bố suất liều với các điện thế khác nhau của ống tia X cũng được khảo sát trong công trình này.

**Từ khóa:** Phân bố suất liều, máy X quang, an toàn bức xạ, MCNP5.

## MỞ ĐẦU

Ngày nay, việc sử dụng chẩn đoán hình ảnh X quang trong y tế được phát triển rộng rãi và mang lại hiệu quả cao. Bên cạnh những lợi ích mà nó mang lại, các nhà khoa học và kỹ sư cũng lo ngại liều bức xạ từ các thiết bị X quang phát ra có thể ảnh hưởng lên bệnh nhân và những người

xung quanh. Trong nhiều năm qua, các tổ chức an toàn bức xạ trên thế giới đã đưa ra nhiều báo cáo, hướng dẫn cho việc đảm bảo công tác an toàn bức xạ trong y tế, đặc biệt là trong chẩn đoán X quang [1-3]. Điều này cho thấy việc đảm

bảo an toàn cho người sử dụng và môi trường xung quanh là một việc hết sức quan trọng.

Trong công tác đảm bảo an toàn bức xạ, việc nghiên cứu che chắn an toàn là một việc hết sức cần thiết. Để có thể nghiên cứu khả năng che chắn an toàn trong phòng X quang, đầu tiên ta cần phải khảo sát một cách chính xác phân bố suất liều bên trong phòng và suất liều gây ra cho bệnh nhân trong mỗi lần chụp X quang. Các liều chiếu này phải bao gồm cả liều gây ra do chùm tia sơ cấp, do các tia tán xạ từ vật liệu xung quanh và liều gây ra bởi bức xạ rò (leakage radiation). Các công trình nghiên cứu tiêu biểu có thể kể đến như [4-6]. Hiện nay, với sự trợ giúp của máy tính và phương pháp Monte Carlo [7-10], ta có thể đánh giá phân bố suất liều cũng như xác định được đóng góp của các thành phần vào trong suất liều tổng cộng gây ra cho bệnh nhân một cách dễ dàng, từ đó có thể tính toán che chắn tối ưu nhằm đảm bảo an toàn cho bệnh nhân.

Trong khuôn khổ đề tài khoa học của Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM đặt hàng, nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước phòng X quang lên chất lượng hình ảnh và an toàn bức xạ, chương trình mô phỏng Monte Carlo MCNP5 [11] được sử dụng để mô phỏng phòng máy X quang hiện đang được sử dụng tại Bệnh viện Nhi Đồng I Tp.HCM. Máy X quang được sử dụng là loại thường quy anode xoay nhãn hiệu RADspeedM (hãng Shimadzu, Nhật Bản) có thể phát chùm tia X với nhiều chế độ chụp chiếu khác nhau. Phân bố suất liều phát ra từ máy tia X được khảo sát theo khoảng cách tới tâm bóng cũng như theo mặt phẳng ngang trong toàn bộ phòng. Từ đó ta có thể đánh giá mức độ liều chiếu xung quanh máy phát tia X và khả năng an toàn che chắn của các lớp tường bê tông bao quanh phòng X quang.

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

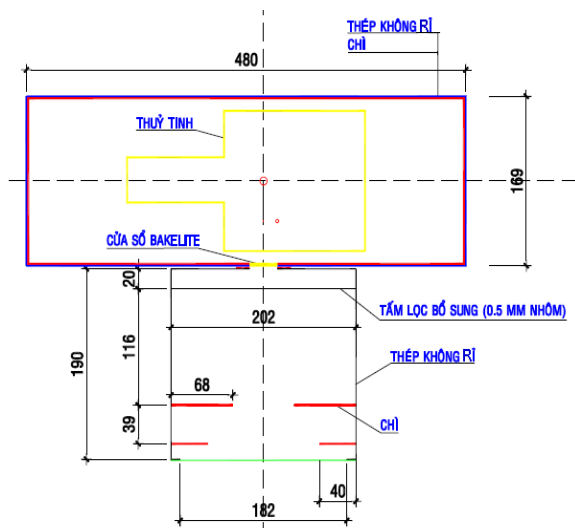
Trong bài báo này, chúng tôi khảo sát phân bố suất liều bên trong phòng máy X quang chẩn đoán ở Bệnh viện Nhi Đồng I, Tp. HCM tương ứng với hai chế độ chụp cụ thể. Thứ nhất là điện thế nguồn 70 kV, dòng 200mA và thời gian phát tia 100 ms. Thứ hai điện thế nguồn 120 kV, dòng 500 mA và thời gian phát tia 32 ms.

### Cấu hình phòng máy X quang

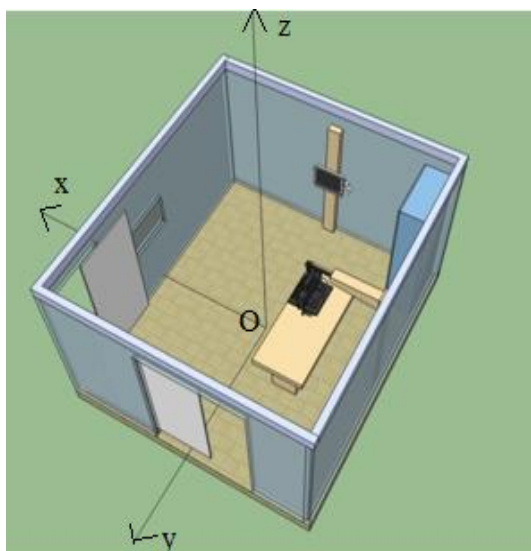
Máy X quang tại Bệnh viện Nhi Đồng I Tp.HCM nhãn hiệu RADspeedM của hãng Shimadzu, Nhật Bản là X quang thường quy có anode xoay, góc nghiêng  $16^{\circ}$ , trường chiếu  $35\text{ cm} \times 35\text{ cm}$  tại khoảng cách 65 cm tính từ tâm bóng, điện thế cực đại là 150 kV và dòng cực đại là 5,6A. Hợp chất Vonfram – Rheni với bề dày 1,3 mm được dùng làm bia anode. Bộ lọc gồm bộ lọc sẵn có (*inherent filter*) có bề dày tương đương 1 mm Al và bộ lọc bổ sung (*additional filter*) có bề dày tương đương 0,4 mm Al. Loại collimator R-20J được sử dụng gồm 3 lớp chì. Lớp chì thứ nhất (*inner leaf*) gồm 4 lá chì cố định có vai trò làm giảm bức xạ “*off focus*”, lớp chì thứ hai (*middle leaf*) gồm 4 lá chì di động dày 2 mm đóng vai trò loại bỏ các bức xạ rò rỉ. Lớp chì thứ 3 (*front leaf*) gồm 4 lá chì dày 3 mm, nằm mặt dưới collimator đóng vai trò chính trong việc xác định trường chiếu (Hình 1).

### Kích thước và cấu trúc phòng X quang

Phòng X quang có chiều dài 4,5 m, rộng 3,94 m và chiều cao là 3,55 m. Tường được làm từ bê tông dày 24 cm, giữa lớp bê tông là lớp chì dày 2 mm từ mặt đất lên đến độ cao 2,4 m. Cửa ra vào của bệnh nhân chiều cao 2,4 m; rộng 1,6 m và được làm bằng thép có lót lớp chì dày 2 mm. Cửa ra vào của kỹ thuật viên chiều cao 2,2 m; rộng 0,96 m và dày 0,04 m được làm bằng thép có lót chì dày 2 mm.



Hình 1. Cấu hình ống phát X quang



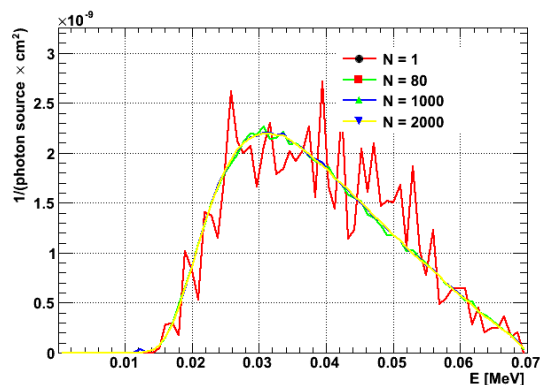
Hình 2. Cấu hình phòng X quang

### Chương trình MCNP5 mô phỏng phòng X quang

Chương trình mô phỏng Monte Carlo MCNP5 [11] của Phòng Thí nghiệm Los Alamos (LANL) được sử dụng để mô phỏng phân bố liều trong phòng máy X quang. Trong nghiên cứu này, chùm photon bức xạ hãm phát ra từ các electron đập vào anode được mô phỏng. Nguồn electron là dạng nguồn phẳng với chiều cao 1,2 mm; chiều rộng 1,154 mm; đơn năng; kích thước trường chiếu 35 cm × 35 cm tại khoảng cách 65

cm tính từ tâm bóng. Để khảo sát phân bố suất liều, chúng tôi sử dụng tally F4 để xác định độ dài vết trung bình của hạt và chuyển đổi sang suất liều thông qua bộ số liệu chuyển đổi ICRP-21 [11].

Do việc mô phỏng vận chuyển electron trong vật chất tốn rất nhiều thời gian chạy chương trình, nên để rút ngắn thời gian mô phỏng chúng tôi đã áp dụng một số kỹ thuật giảm phương sai khác nhau. Kỹ thuật thứ nhất là kỹ thuật không chế không gian vận chuyển hạt bằng cách điều chỉnh các trọng số của các vùng không gian sao cho trọng số của các vùng không gian mà ở đó các electron không có khả năng tạo bức xạ hãm đóng góp vào chùm tia X phát ra sẽ được mang giá trị 0. Điều này có nghĩa là các electron sẽ bị triệt tiêu khi đi vào vùng không gian này. Thứ hai là kỹ thuật phân chia bức xạ hãm. Trong kỹ thuật này, ở mỗi tương tác phát bức xạ hãm, electron sẽ phát ra N photon thay vì chỉ 1 photon như thông thường, mỗi photon sẽ có trọng số 1/N. Hình 3 trình bày phổ bức xạ hãm phát ra từ ống phát tia X với các giá trị N khác nhau. Để đảm bảo rằng chúng ta có đủ thống kê cho việc khảo sát phân bố liều trong toàn bộ căn phòng, giá trị N = 2000 được lựa chọn.



Hình 3. Phổ bức xạ hãm tại điện thế 70 kV với các giá trị N khác nhau.

Kỹ thuật rút ngắn thời gian chạy chương trình cuối cùng được sử dụng trong công trình này là kỹ thuật ghi/đọc nguồn mặt (SSW/SSR). Trong kĩ

thuật này, một mặt phẳng được đặt tại vị trí cách tâm bóng 8,45 cm. Trong giai đoạn đầu của quá trình mô phỏng, chương trình MCNP5 sẽ khảo sát vận chuyển của cả các hạt electron và photon, tuy nhiên chỉ có những hạt photon mới được ghi trên mặt phẳng này. Sau đó, trong giai đoạn sau, mặt phẳng này được xem như là một nguồn phát photon cho các khảo sát sau đó. Trong giai đoạn này, các electron có vai trò không quan trọng nên sẽ không được khảo sát vận chuyển, do đó sẽ rút ngắn đáng kể thời gian chạy chương trình do chỉ tập trung vào các photon là thành phần chính gây nên liều chiếu.

**KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**So sánh suất liều thực nghiệm và mô phỏng**

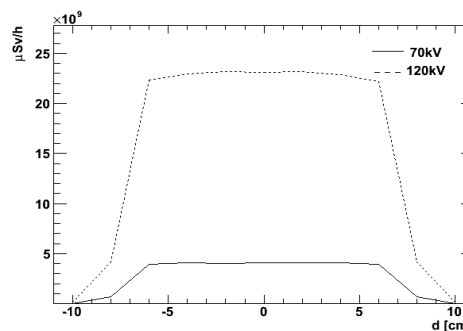
Việc đo đạc phân bố liều được thực hiện bằng máy đo RADCHECK Gammex. Các giá trị suất liều được đo tại các vị trí cách nguồn phát 50, 60,..., 120 cm với điện thế nguồn phát là 70 kV, dòng 200 mA và thời gian phát tia là 100 ms. Việc đánh giá bằng mô phỏng dựa trên mô hình xây dựng bằng chương trình MCNP5 được so sánh với kết quả thực nghiệm và cho trong Bảng 1. Kết quả cho thấy suất liều suy giảm theo khoảng cách dạng hàm mũ. Các điểm gần nguồn phát (anode) thì giá trị suất liều cao, các điểm xa nguồn phát thì suất liều giảm dần. Ở vùng gần tâm phát độ lệch giữa mô phỏng và thực nghiệm lên đến 16%. Tuy nhiên khi khoảng cách xa, sự khác biệt nhỏ dần. Giá trị suất liều thực nghiệm có khuynh hướng cao hơn khi gần tâm phát và thấp hơn suất liều mô phỏng khi ra xa tâm phát.

**Bảng 1.** Giá trị suất liều thực nghiệm và mô phỏng tại các vị trí khác nhau

Khoảng cách (cm)	Suất liều (μSv/h)		Khoảng cách (cm)	Suất liều (μSv/h)	
	Thực nghiệm	Mô phỏng		Thực nghiệm	Mô phỏng
50	4,13×10 <sup>9</sup>	3,68×10 <sup>9</sup>	90	1,01×10 <sup>9</sup>	9,63×10 <sup>8</sup>
60	2,61×10 <sup>9</sup>	2,40×10 <sup>9</sup>	100	7,68×10 <sup>8</sup>	7,68×10 <sup>8</sup>
70	1,82×10 <sup>9</sup>	1,70×10 <sup>9</sup>	110	6,17×10 <sup>8</sup>	6,20×10 <sup>8</sup>
80	1,32×10 <sup>9</sup>	1,26×10 <sup>9</sup>	120	4,71×10 <sup>8</sup>	5,03×10 <sup>8</sup>

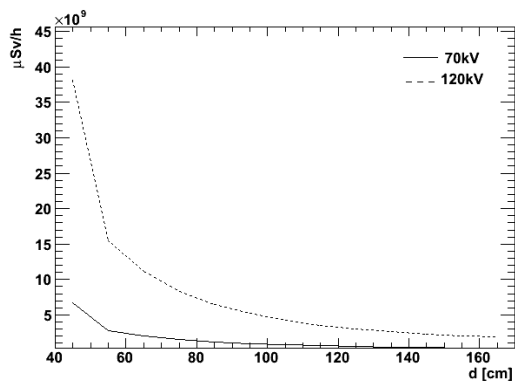
**Phân bố suất liều mô phỏng theo phương ngang và phương thẳng đứng**

Hình 4 và Hình 5 trình bày phân bố liều mô phỏng theo phương ngang và theo phương thẳng đứng, được khảo sát chi tiết đối với hai chế độ hoạt động của máy phát tia X đã nêu trên: (1) 70 kV, 200 mA và 100 ms; (2) 120 kV, 500 mA và 32 ms.



**Hình 4.** So sánh phân bố suất liều theo phương ngang tại vị trí cách tâm bóng 50 cm ở hai chế độ 70 kV và 120 kV.

Theo phương ngang, các giá trị được ghi nhận tại vị trí cách tâm bóng 50 cm và các cell ghi nhận được đặt liên tiếp lệch về hai phía của tâm bóng (Hình 4). Dạng phân bố liều trong hai chế độ chụp là giống nhau: cực đại ở vùng trung tâm trường chiếu và giảm nhanh hai bên. Ngoài ra, chúng tôi còn khảo sát suất liều theo phương thẳng đứng. Theo phương thẳng đứng các detector ghi nhận được đặt cách tâm bóng 40, 50,..., 160 cm. Kết quả ghi nhận được biểu diễn theo Hình 5.



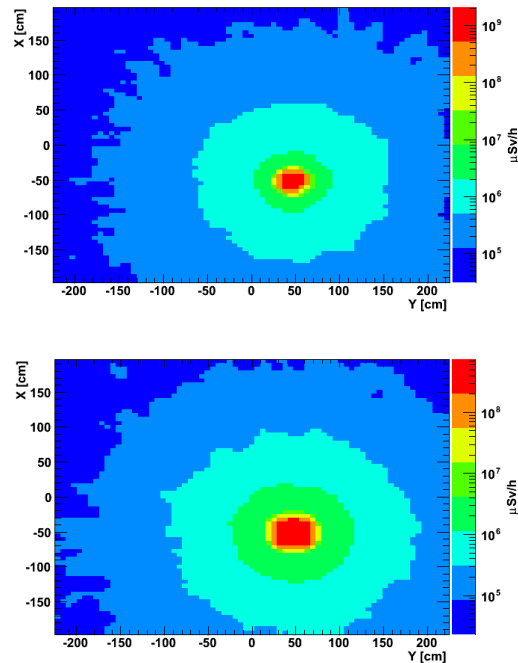
**Hình 5.** So sánh phân bố suất liều phương đứng theo khoảng cách so với tâm bóng ở hai chế độ 70 kV và 120 kV.

Kết quả cho thấy suất liều giảm nhanh theo khoảng cách tính từ tâm bóng. Đối với chế độ 120 kV, 500 mA, 32 ms suất liều ở Hình 4 và Hình 5 đều cho thấy cao hơn do hiệu thế đỉnh cao mặc dù giá trị mAs nhỏ hơn chế độ 70 kV, 200 mA, 100 ms. Điều đó cho thấy ảnh hưởng của cao áp đỉnh lên cường độ tia X phát ra.

**Phân bố suất liều mô phỏng bên trong phòng**

Để đánh giá mức độ an toàn cho bệnh nhân, chúng tôi tiến hành khảo sát phân bố suất liều bên trong phòng máy X quang. Các vị trí được khảo sát cách tâm bóng 50 cm, 100 cm cùng với chế độ chụp là 70 kV, 200 mA, 100 ms. Hình 6 trình bày kết quả phân bố suất liều tại vị trí cách tâm bóng 50 cm (bên trái) và 100 cm (bên phải). Giá trị liều chiếu tập trung tại vị trí tâm bóng và

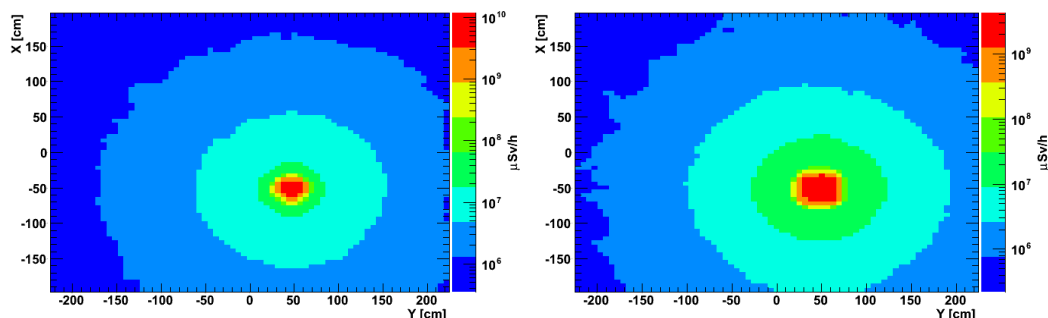
giảm dần về hai phía của trục X và Y. Tại vị trí cách tâm bóng 50 cm (bên trái) liều chiếu tập trung và trường chiếu nhỏ. Trường hợp này chất lượng hình ảnh tốt hơn và ngược lại bệnh nhân nhận giá trị liều chiếu cao hơn so với vị trí cách tâm bóng 100 cm (bên phải). Tại các vị trí biên của trục X và Y suất liều mang giá trị thấp và đảm bảo điều kiện về an toàn cho bệnh nhân và môi trường xung quanh.



**Hình 6.** Phân bố suất liều tại vị trí cách tâm bóng 50 cm (bên trái) và 100 cm (bên phải)

Tiếp theo, chúng tôi khảo sát phân bố liều với chế độ chụp là 120 kV, 500 mA và 32 ms. Kết quả trình bày trong Hình 7.

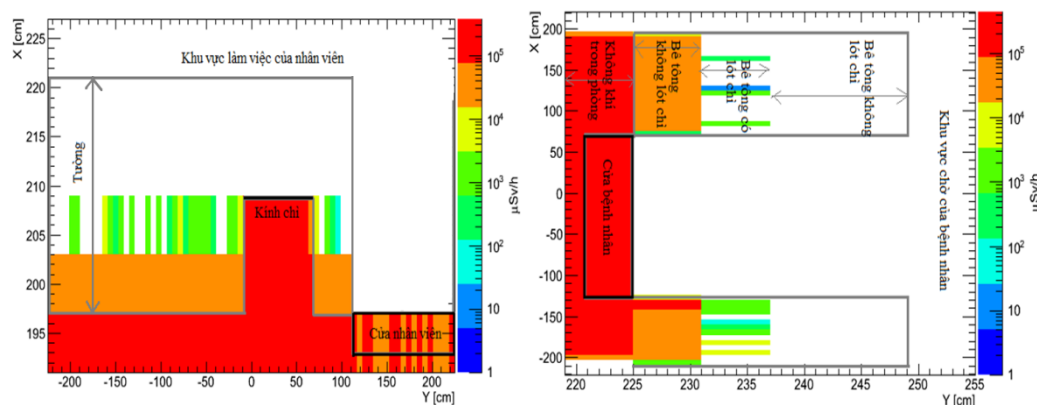
Để đánh giá an toàn bức xạ cho khu vực làm việc của Kỹ thuật viên và môi trường xung quanh phòng chụp X quang, chúng tôi chọn chế độ chụp 120 kV, dòng 500 mA và thời gian 32 ms để khảo sát, tại độ cao 1,5 m tính từ mặt đất .



Hình 7. Phân bố suất liều tại vị trí cách tâm bóng 50 cm (bên trái) và 100 cm (bên phải)

Hình 8 trình bày suất liều của tia X khi đi qua các lớp tường bê tông cũng như các cửa ra vào dành cho kỹ thuật viên và bệnh nhân. Kết quả cho thấy rằng các tia X bị triệt tiêu hoàn toàn khi đi qua các lớp tường và cửa, do đó đảm

bảo an toàn bức xạ cho các nhân viên trong khu vực làm việc cũng như cho bệnh nhân trong quá trình chờ vào phòng chụp X quang.



Hình 8. Suất liều khi qua vách tường cửa ra vào Kỹ thuật viên (bên trái) và cửa ra vào của Bệnh nhân (bên phải)

### KẾT LUẬN

Chúng tôi đã thực hiện việc mô phỏng máy X quang thường quy tại Bệnh viện Nhi Đồng I Tp. HCM bằng chương trình MCNP5. Trong quá trình mô phỏng, chúng tôi đã sử dụng các kỹ thuật giảm phương sai và kỹ thuật ghi/đọc nguồn mặt (SSW/SSR) để rút ngắn thời gian chạy chương trình. Phân bố suất liều theo phương ngang và phương thẳng đứng theo hai chế độ chiếu chụp: điện thế nguồn 70 kV, dòng 200 mA, thời gian 100 ms và điện thế nguồn 120 kV, dòng 500 mA, thời gian phát tia 32 ms được khảo sát. Mức độ

an toàn của tường bê tông có lót chì và cửa ra vào của bệnh nhân, khu vực làm việc của nhân viên cũng được đánh giá.

**LỜI CẢM ƠN:** Công trình này là một phần trong đề tài khoa học của Sở Khoa học và Công nghệ TPHCM, theo Hợp Đồng số 251/HĐ-SKH-CN. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn đến Kỹ sư Đinh Văn Linh, Kỹ sư Trần Bảo Quốc đã chia sẻ nhiều kinh nghiệm trong việc tìm hiểu cấu tạo, cấu trúc thực tế của máy X quang, giúp chúng tôi hoàn thành việc xây dựng mô hình mô phỏng chính xác hơn.

# Study on dose rate distribution inside diagnostic X-ray room by using MCNP5 code

- **Truong Thi Hong Loan**
- **Nguyen Thi Cam Thu**
- **Doan Thi Hien**  
University of Science, VNU-HCM
- **Tran Ai Khanh**  
Tien Giang University
- **Vo Thi Thuy Dung**  
Pedagogy University-HCMC
- **Dang Nguyen Phuong**  
Institute of Physics, Freiburg University, Germany
- **Thai My Phe**
- **Lo Thai Son**  
Center for Nuclear Techniques of HCMC
- **Le Thanh Xuan**  
Institute of Science and Technology for Calculating of HCM city
- **Phan Thi Quy Truc**  
Department of Science and Technology of HCM city
- **Nguyen Anh Tuan**  
Nhi Dong Hospital of HCM city

## ABSTRACT

*In this paper, the scattering influence on image quality and radiation safety because of changing room size was studied. To estimate the radiation safety in X-ray room, the exact determination of dose rate distribution inside the room and absorbed dose rate for patient is the first task. The*

**Key words:** Dose rate distribution, X-ray machine, radiation safety, MCNP5 code.

*authors simulated the dose rate distribution inside diagnostic X-ray room at Nhi Dong hospital with using MCNP5 code. The dependence of dose rate distribution on various peak voltages of X-ray tube was also investigated in this study.*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. International Commission on Radiological Protection, Protection against ionising radiation from external sources used in medicine, *ICRP Report 33* (1982).
- [2]. National Council on Radiation Protection, Measurements, Structural shielding design and evaluation for medical use of X-rays and gamma rays of energies up to 10 MeV, *NCRP Report 49* (1976).
- [3]. National Council on Radiation Protection & Measurements, Structural Shielding Design and Evaluation from Megavoltage X- and

- Gamma-Ray Radiotherapy Facilities, *NCRP Report 151* (2005).
- [4]. M. Assiamah, T.L. Nam, R.J. Keddy, Comparison of mammography radiation dose values obtained from direct incident air kerma measurements with values from measured X-ray spectral data, *Applied Radiation and Isotopes*, 62, 551-560 (2005).
- [5]. J.H. Chang, P.C. Hsu, J.H. Chao, P.S. Weng, J.L. Su, Study of Radiation Dose and Device Quality for Diagnostic X-ray Units, *Japanese Journal of Health Physics*, 40, 170-176 (2005).
- [6]. K. Kisielewicz, A. Truskiewicz, S. Wach, M. WasilewskaeRadwanska, Evaluation of dose area product vs. patient dose in diagnostic X-ray units, *Physica Medica*, 27, 117-120 (2011).
- [7]. G. McVey, H. Weatherburn, A study of scatter in diagnostic X-ray rooms, *The British Journal of Radiology*, 77, 28-38 (2004).
- [8]. H. Delisa, G. Spyroua, G. Tzanakosc, G. Panayiotakis, The influence of mammographic X-ray spectra on absorbed energy distribution in breast: Monte Carlo simulation studies, *Radiation Measurements*, 39, 149-155 (2005).
- [9]. J. Giersch, J. Durst, Monte Carlo simulations in X-ray imaging, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A 591, 200-305 (2008).
- [10]. M.T. Yoshizumi, H. Yoriyaz, L.V.E. Caldas, Backscattered radiation into a transmission ionization chamber: Measurement and Monte Carlo simulation, *Applied Radiation and Isotopes*, 68, 586-588 (2010).
- [11]. X-5 Monte Carlo Team, MCNP — A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5, Los Alamos National Laboratory (2003).