

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG HỆ THỐNG CHỤP ẢNH CẮT LỚP SỬ DỤNG CHÙM TIA HÌNH NÓN ỨNG DỤNG TRONG CÔNG NGHIỆP

LÝ TRUNG ANH, NGUYỄN TẮT THẮNG, NGUYỄN ĐỨC KIÊN, TRẦN KIM TUẤN

Trường ĐH Bách Khoa Hà Nội, số 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà nội

thang.nguyentat@hust.edu.vn

Tóm tắt: Chụp ảnh cắt lớp (CT), một kỹ thuật hiện đại với nhiều ứng dụng, ngày càng trở nên quan trọng và cần thiết trong nhiều lĩnh vực kinh tế và đời sống. Các thiết bị chụp ảnh cắt lớp do đó được tập trung nghiên cứu, cải tiến qua nhiều thế hệ nhằm thu được những hình ảnh ngày càng tốt hơn về độ nhạy, độ nét, độ phân giải không gian,... Tại Việt nam, nhiều hệ CT hiện đại với chất lượng tốt đã được nhập khẩu để ứng dụng trong công nghiệp. Tuy nhiên, giá thành cao, không dễ bảo trì trong quá trình vận hành là những vấn đề cần được giải quyết với các hệ thiết bị chụp ảnh ngoại nhập. Vì vậy, việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị CT nhằm nâng cao khả năng nội địa hóa đã và đang được quan tâm tại Việt nam.

Những năm trở lại đây, cùng với sự phát triển vượt bậc của khoa học máy tính, các chương trình mô phỏng Monte Carlo (MC) đã được sử dụng ngày càng rộng rãi trong các nghiên cứu nhằm loại bỏ những quá trình không cần thiết trong sản xuất, giảm chi phí và thời gian thực nghiệm. Đối với quá trình thiết kế và chế tạo, mô phỏng MC là không thể thiếu nhằm đưa ra những cấu hình tối ưu cho từng hệ thiết bị, phù hợp với các công việc cụ thể.

Trong nghiên cứu này, cấu hình hệ chụp ảnh cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón ứng dụng trong công nghiệp đã được mô phỏng trên các phần mềm mô phỏng MCNP và GEANT4. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng ảnh như nguồn bức xạ, chất lượng đầu dò, khoảng cách nguồn – vật chụp, khoảng cách nguồn – đầu dò đã được khảo sát. Các kết quả cho thấy, cấu hình của hệ chụp ảnh cắt lớp với các đặc trưng như: máy phát tia X với kích thước tiêu điểm phát $4 \times 4 \mu\text{m}^2$, năng lượng chùm tia X cao nhất tương ứng cao áp 240 kV, cường độ bức xạ 10^{13} #/s ; đầu dò ghi nhận với tinh thể nhấp nháy CsI dày 0.3mm là hoàn toàn đảm bảo chất lượng ảnh chụp tốt, với các vật mẫu được kiểm tra làm bằng vật liệu nhẹ, kích thước phù hợp với hầu hết các vật phẩm được sản xuất hoặc các chi tiết máy trong công nghiệp. Những kết quả mô phỏng trên đã có nhiều đóng góp cho quá trình lựa chọn thiết bị, thiết kế hệ cơ khí cho hệ chụp ảnh cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón ứng dụng trong công nghiệp đang được xây dựng.

Từ khóa: hệ CT chùm tia hình nón, mô phỏng Monte Carlo, chụp ảnh cắt lớp công nghiệp

1. MỞ ĐẦU

Chụp ảnh cắt lớp (CT) là một kỹ thuật hiện đại, ứng dụng của nó ngày càng trở nên quan trọng và cần thiết trên thế giới, đặc biệt trong lĩnh vực y học và công nghiệp hơn 30 năm qua [1]. Do đó, chúng được tập trung nghiên cứu, cải tiến trải qua nhiều thế hệ nhằm thu được những đặc trưng hình ảnh ngày càng tốt hơn. Các thiết bị chụp ảnh cắt lớp ở những thế hệ trước được thiết kế dựa trên phương pháp tạo dựng hình ảnh cắt lớp ba chiều từ các đoạn ảnh hai chiều, sử dụng chùm tia hình quạt hoặc chùm song song [2, 3] trong khi kỹ thuật chụp cắt lớp thế hệ mới nhất sử dụng chùm tia bức xạ hình nón (CBCT) [4]. Những ưu điểm chính trong việc sử dụng các chùm hình nón là giảm thời gian thu thập dữ liệu, nâng cao độ phân

giải, giảm tán xạ và giảm thời gian chiếu xạ. Hiện nay, các thiết bị CBCT trong công nghiệp thường có thời gian chụp và tái tạo ảnh nằm trong khoảng từ 1-20 phút, độ phân giải của điểm ảnh ba chiều dao động từ 0.076 mm đến 0.4 mm.

Tại Việt nam, nhiều hệ CT hiện đại với chất lượng tốt đã được nhập khẩu để ứng dụng trong công nghiệp. Tuy nhiên, mặc dù có nhiều ưu việt trong độ phân giải không gian và khả năng sử dụng, thiết bị chụp ảnh cắt lớp CBCT vẫn chưa được sử dụng một cách rộng rãi bởi vì vẫn còn có những hạn chế cần được nghiên cứu và cải tiến trong thời gian tới. Bên cạnh đó, giá thành cao của thiết bị, không dễ bảo trì trong quá trình vận hành cũng là những trở ngại cho việc ứng dụng một cách rộng rãi hơn thiết bị này ở Việt Nam. Vì vậy, việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị CT nhằm nâng cao khả năng nội địa hóa đã và đang được quan tâm tại Việt nam.

Monte Carlo (MC) là phương pháp tính toán sử dụng các kỹ thuật ngẫu nhiên để tìm hiểu và kiểm tra hoạt động của các hệ thống vật lý, toán học. Việc sử dụng các phương pháp MC, mô phỏng và ứng dụng, được tìm thấy trong các lĩnh vực khác biệt nhau rất lớn như vật lý hạt nhân, tài chính và kinh doanh, kỹ thuật, kinh tế, phân tích rủi ro, quản lý dự án, khoa học môi trường, hóa học, viễn thông, và một số lĩnh vực khác [5, 6]. Trong kỹ thuật hạt nhân, một số chương trình mô phỏng MC thường dùng như EGS [7], FLUKA [8], MCNP [9], hoặc GEANT [10]... có thể mô tả hình học các hệ thống thiết bị sử dụng bức xạ và hạt nhân, cũng như tương tác của các hạt với vật chất rất tốt. Đối với quá trình thiết kế và chế tạo, mô phỏng MC là không thể thiếu nhằm đưa ra những cấu hình tối ưu cho từng hệ thiết bị, phù hợp với các công việc cụ thể. Ngoài ra, một lĩnh vực ứng dụng khác của mô phỏng MC là nghiên cứu khả thi cho các nhiệm vụ kiểm tra đặc biệt để đánh giá giới hạn vật lý của các phương pháp hình ảnh khác nhau [11, 12, 13-20].

Trong nghiên cứu này, để hỗ trợ cho quá trình thiết kế, chế tạo thiết bị CBCT có độ phân giải không gian tốt ứng dụng trong công nghiệp, chương trình mô phỏng MCNP và GEANT4 đã được sử dụng để xây dựng cấu hình giả định của hệ CBCT cùng tương tác của bức xạ tia X với vật chất. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng ảnh như nguồn bức xạ, chất lượng đầu dò, khoảng cách nguồn – vật chụp, khoảng cách nguồn – đầu dò đã được khảo sát tương ứng, với các mẫu chụp làm bằng vật liệu nhôm. Từ kết quả khảo sát, cấu hình hệ CBCT sử dụng cho kiểm tra cắt lớp các mẫu đúc trong công nghiệp đã được gợi ý đề xuất.

2. NỘI DUNG

2. 1. Đối tượng và Phương pháp

Trong nghiên cứu này, hai trong số các chương trình thông dụng nhất trong lĩnh vực mô phỏng các quá trình hạt nhân là MCNP và GEANT4 đã được sử dụng. Với chương trình MCNP, để đáp ứng với mục tiêu khảo sát, tally F4 được sử dụng với cấu trúc mảng detector thông qua lệnh fmesh. Kết quả đầu ra F4 cho giá trị thông lượng bức xạ trung bình trong một pixel. Với chương trình GEANT4, thư viện vật lý được dùng là *G4EmLivermorePhysics*, bao gồm các dữ liệu hạt nhân EPDL97 [21], EEDL [22], và EADL [23] chuyên được sử dụng cho mô phỏng photon và electron. Cắt ngưỡng bức xạ thứ cấp được đặt ở chế độ 1 μm cho tất cả các hạt để phù hợp với kích thước của pixel cũng như độ dày đầu dò. Giá trị năng lượng bức xạ bị hấp thụ trên đầu dò được ghi cho từng pixel, từ đó tạo nên ma trận độ đen trên ảnh. Các khảo sát được thực hiện với các điều kiện khác nhau của nguồn, đầu dò, mẫu chụp nhằm lựa chọn thiết kế hợp lý cho hệ chụp ảnh μCT trong công nghiệp có độ phân giải không gian cỡ 100 μm cho các vật liệu đúc hợp kim nhôm với kích thước lớn nhất là 15cm.

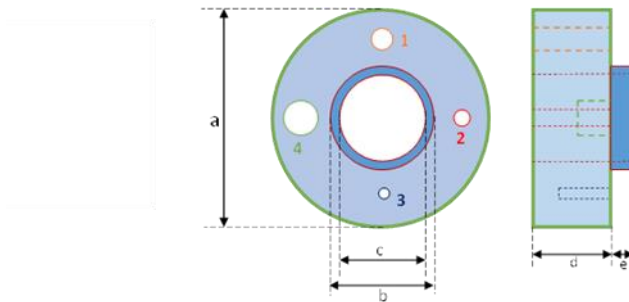
2.1.1. Nguồn bức xạ

Chùm tia X được phát ra dưới góc 30° ; tâm của chùm trùng với tâm của tấm tinh thể đầu dò, sao cho bức xạ bao trùm toàn bộ mẫu. Những yếu tố được quan tâm của nguồn tia X do ảnh hưởng của chúng đến chất lượng hình ảnh bao gồm: phổ năng lượng tia X, kích thước

điểm hội tụ (focal spot), và cường độ chùm tia. Trong nghiên cứu này, phổ tia X ứng với các mức điện áp gia tốc từ 140 – 240kV được áp dụng tương ứng với các kích thước khác nhau của mẫu chụp; lượng bức xạ tới được đặt là 10^9 cho mỗi phép chụp riêng biệt. Nhằm làm nổi bật hiệu ứng làm nhòe ảnh của kích thước điểm hội tụ, kích thước của nguồn phát được mô phỏng thay đổi từ $0 \times 0 \text{ mm}^2$ (nguồn điểm), đến $1 \times 1 \text{ mm}^2$ (nguồn mặt) trong khi các yếu tố khác của hệ chụp ảnh được giữ nguyên không đổi.

2.1.2. Mẫu chụp

Trước khi tiến hành chụp, vật thể cần được đặt sao cho bề dày cực đại theo các hướng chụp nhỏ hơn giá trị giới hạn nhằm tránh khả năng không ghi nhận rõ ràng được vật thể trên ảnh chụp. Mẫu chụp ảnh là mẫu được biểu diễn trên hình 1, dạng hình trụ có các lỗ 1, 2, 3, 4 với bán kính lần lượt là r_1, r_2, r_3, r_4 ; lỗ 1 và 2 được khoét sâu với kích thước d ; lỗ 3 và 4 được khoét sâu với kích thước d_3 và d_4 . Các kích thước (mm) của mẫu cần mô phỏng được trình bày tại bảng 1.



Hình 1: Mẫu thiết kế sử dụng trong mô phỏng

Bảng 1. Kích thước các mẫu thiết kế dùng trong mô phỏng.

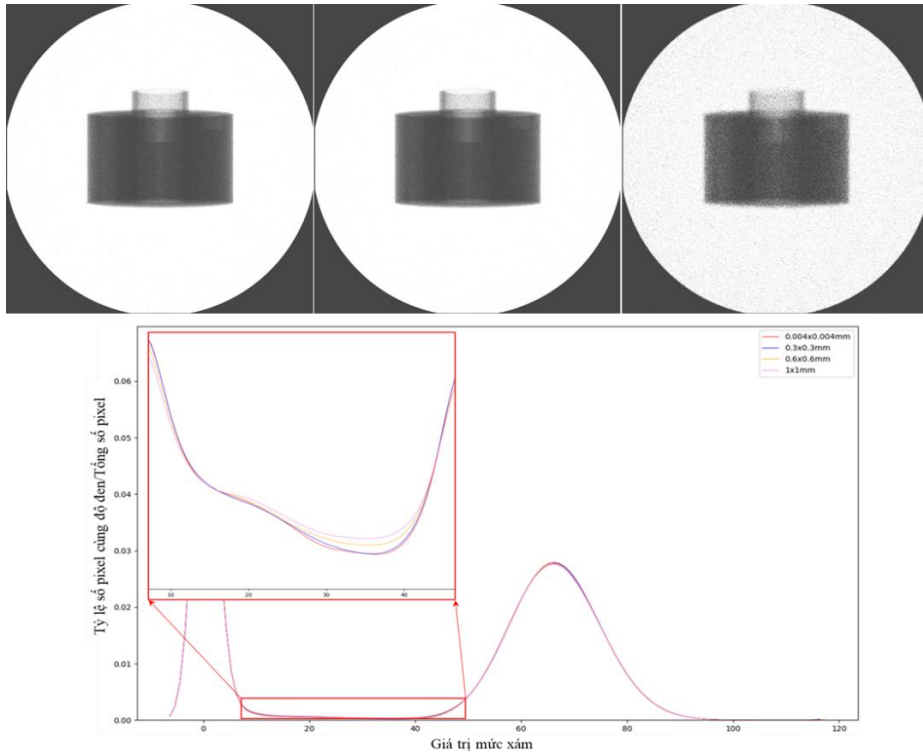
Tên mẫu	Các kích thước của mẫu (mm)										
	a	b	c	d	d3	d4	e	r1	r2	r3	r4
M1	150	70	60	100	70	50	20	4	3	5	6
M2	100	50	40	50	30	20	10	4	3	5	6
M3	50	20	16	30	20	10	8	3	2	4	5

2.1.3. Đầu dò

Bức xạ được ghi nhận sau khi tương tác với vật chụp sẽ phụ thuộc vào loại đầu dò được sử dụng. Như vậy, chất lượng ảnh thu được cũng sẽ phụ thuộc vào bản chất của đầu dò. Các yếu tố như chất liệu làm đầu dò, kích thước phần tử pixel, ... đều trực tiếp ảnh hưởng tới hình ảnh thu được. Trong nghiên cứu này, để nghiên cứu ảnh hưởng của đầu dò đến chất lượng ảnh, 4 loại vật liệu làm đầu dò nhấp nháy là NaI(Tl), CsI(Tl), BGO, và $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ được khảo sát; kích thước các pixel được khảo sát từ $0.143 \times 0.143 \text{ mm}^2$ tới $0.4 \times 0.4 \text{ mm}^2$; độ dày của tinh thể nhấp nháy cũng được khảo sát từ 0.1 mm đến 0.6 mm. Kích thước của đầu dò được giữ không đổi (khoảng $400 \times 400 \text{ mm}^2$) nhằm thu được trọn vẹn ảnh trường chiếu.

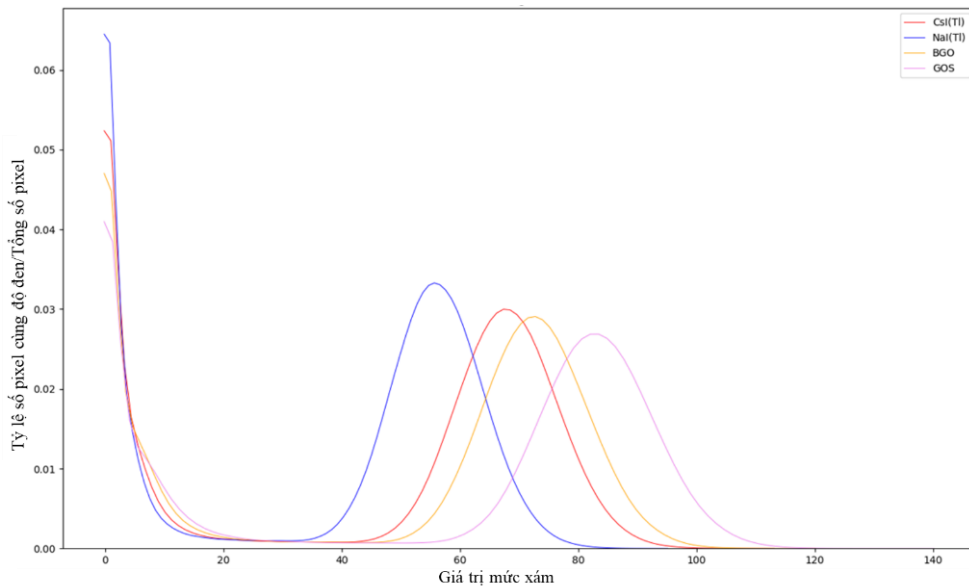
2. 2. Kết quả

Hình 2 trình bày kết quả mô phỏng với các kích thước tiêu điểm của nguồn phát tương ứng từ $4 \times 4 \mu\text{m}^2$ đến $1 \times 1 \text{ mm}^2$. Kết quả cho thấy, độ phân tán của bức xạ khi kích thước tiêu điểm tăng dẫn đến phông nền của ảnh tăng, cao nhất tới xấp xỉ 50% khi so sánh kích thước tiêu điểm $4 \times 4 \mu\text{m}^2$ và $1 \times 1 \text{ mm}^2$. Điều này làm tăng độ mờ của ảnh thu được. Ngoài ra, điều này cũng làm độ nhòe của ảnh tăng dần, các chi tiết của mẫu khó nhận biết được, đặc biệt khi kích thước tiêu điểm là $1 \times 1 \text{ mm}^2$.



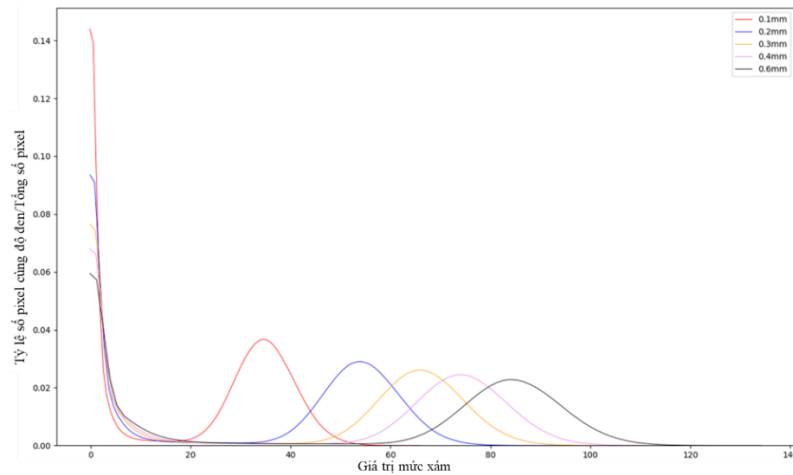
Hình 2: Kết quả khảo sát với các kích thước tiêu điểm nguồn khác nhau: Ảnh chụp (trên): $4 \times 4 \mu\text{m}^2$; $0.1 \times 0.1 \text{mm}^2$; $1 \times 1 \text{mm}^2$ (từ trái sang phải); và So sánh độ đen khi thay đổi kích thước nguồn (dưới).

Hình 3 mô tả giá trị mức xám thu được trên từng pixel của đầu dò theo 4 loại đầu dò khác nhau. Dễ dàng nhận thấy chênh lệch độ đen giữa các pixel tăng dần theo thứ tự là NaI(Tl), CsI(Tl), BGO, và GOS. Tuy nhiên, các pixel có giá trị mức xám nhỏ (phông) cũng tăng lên tương ứng.



Hình 3: Sự phụ thuộc của mức xám theo loại vật liệu làm đầu dò

Hình 4 biểu diễn giá trị mức xám của các pixel tương ứng với độ dày của lớp tinh thể nhấp nháy từ $0.1 \div 0.6 \text{mm}$. Kết quả cho thấy khi bề dày lớp tinh thể tăng lên, giá trị mức xám lớn nhất cũng tăng, có nghĩa năng lượng bị hấp thụ tại các pixel tăng lên. Tuy nhiên, mức phông nền cũng tăng lên tương ứng, đồng thời phân bố mức xám theo số pixel bị mở rộng.



Hình 4: Sự phụ thuộc của mức xám vào độ dày lớp chất nhấp nháy

2. 3. Bàn luận

Các kết quả thu được hoàn toàn phù hợp với lý thuyết chụp ảnh bức xạ. Thật vậy, trong khảo sát kích thước tiêu điểm nguồn, độ nhòe của ảnh tăng dần theo độ tăng của kích thước nguồn, các chi tiết của mẫu khó nhận biết đặc biệt với kích thước nguồn $1 \times 1 \text{ mm}^2$. Nguyên nhân là do kích thước của nguồn phát tia X ảnh hưởng đến vùng bán dạ của máy chụp ảnh phóng xạ, từ đó ảnh hưởng đến độ nhòe của ảnh. Kích thước vùng phát tia X càng nhỏ thì độ nhòe của ảnh càng nhỏ, hay độ sắc nét của hình ảnh càng tăng và ngược lại.

Trong khảo sát vật liệu làm đầu dò, giá trị mức xám thay đổi tương ứng với mật độ của vật liệu. Mật độ càng lớn thì giá trị mức xám càng cao. Nguyên nhân, mật độ tinh thể nhấp nháy tăng dẫn đến hiệu suất ghi tăng. Tuy nhiên, mật độ tăng cũng gây ra tán xạ tăng xung quanh điểm rơi của bức xạ, điều này dẫn đến số pixel có giá trị mức xám thấp tăng lên, đóng góp vào vùng thông nền thấp của ảnh.

Kết quả cũng tương tự với khảo sát ảnh hưởng của độ dày tinh thể đến chất lượng ảnh. Với những độ dày tinh thể mỏng, hầu như không có các pixel có độ xám thấp. Tuy nhiên, phân bố giá trị mức xám cũng thấp do năng lượng bức xạ chỉ bị mất một phần trong lớp tinh thể, số lượng bức xạ bị hấp thụ trong đầu ghi nhỏ. Năng lượng bị mất trong tinh thể tăng lên khi độ dày đầu dò tăng, vì thế giá trị mức xám cũng tăng mạnh. Tuy nhiên, điều này cũng kéo theo xác suất tán xạ của bức xạ tại vị trí rơi trên đầu dò tăng làm cho số pixel có giá trị mức xám nhỏ tăng lên. Kết quả, độ nét của ảnh có thể giảm nếu tăng độ dày lớp tinh thể đầu dò quá lớn.

3. KẾT LUẬN

Báo cáo đã trình bày các kết quả mô phỏng sơ bộ hệ thống chụp ảnh cắt lớp sử dụng chùm tia hình nón trong công nghiệp. Các kết quả cho thấy, cấu hình của hệ chụp ảnh cắt lớp với các đặc trưng như: máy phát tia X với kích thước tiêu điểm phát $4 \times 4 \text{ }\mu\text{m}^2$, năng lượng chùm tia X cao nhất tương ứng cao áp 240 kV, cường độ bức xạ 10^{13} #/s ; đầu dò ghi nhận với tinh thể nhấp nháy CsI dày 0.3mm là hoàn toàn đảm bảo chất lượng ảnh chụp tốt với các vật mẫu được kiểm tra làm bằng vật liệu nhẹ, kích thước phù hợp với hầu hết các vật phẩm được sản xuất hoặc các chi tiết máy trong công nghiệp. Tuy nhiên, trong báo cáo còn chưa đưa ra được ảnh tái tạo 3D của vật mẫu do còn có những vấn đề cần giải quyết trong khi mô phỏng như thời gian mô phỏng còn dài, kích thước dữ liệu thu được quá lớn, các điều kiện khảo sát vật liệu mẫu còn chưa hoàn thành. Mặc dù vậy, những kết quả nghiên cứu cũng đã góp phần định hướng cho sự lựa chọn thiết kế của hệ μCT với yêu cầu độ phân giải không gian cỡ $100\mu\text{m}$, ứng dụng chụp các vật mẫu đúc bằng vật liệu nhẹ; đồng thời là những cơ sở cho việc nghiên cứu tiếp theo.

GHI NHẬN:

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ từ đề tài cấp Nhà nước mã số KC.05.18/16-20 của Bộ Khoa học và Công nghệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. L. De Chiffre, S. Carmignato, J-P. Kruth, R. Schmitt, and A. Weckenmann, “Industrial applications of computed tomography,” *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 60, 655–677, 2014.
2. A. Sinha, A.M. Shaikh, and A. Shyam, “Development and characterization of a neutron tomography system based on image intensifier/CCD system,” *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res.*, B142, 425, 1998.
3. P.S. Sarkar, Amar Sinha, Yogesh Kashyap, M.R. More, and B.K. Godwal, “Development and characterization of a 3D cone beam tomography system,” *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res.*, A524, 377–384, 2004.
4. R. Jiménez, S. Ontiveros, S. Carmignato, and J.A. Yagüe-Fabra, “Fundamental correction strategies for accuracy improvement of dimensional measurements obtained from a conventional micro-ct cone beam machine,” *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 6, 143–148, 2013.
5. M. Amelin (2015), *Monte Carlo Simulation in Engineering*, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
6. G. Chen, J. Zhao, “Application and Implementation of Monte Carlo Method in Mechanical Engineering,” *Applied Mechanics and Materials*, vols 26 - 28, 925 – 930, 2010.
7. W. R. Nelson, H. Hirayama, D.W.O. Rogers (1985), *The EGS4 Code System*, Report SLAC-265, Stanford Linear Accelerator Center, Stanford, California.
8. A. Ferrari, A. Fasso, J. Ranft, P. R. Sala (2005), *FLUKA: a Multi-Particle Transport Code*, CERN 2005-10, INFN/TC_05/11, SLAC-R-773.
9. D. B. Pelowitz (2013), *MCNP6TM User's Manual*, LA-CP-13-00634, Los Alamos National Laboratory.
10. S. Agostinelli, *et al.*, “GEANT4—a Simulation Toolkit,” *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, 506, 250–303, 2003.
11. J. Coenen, E. Tchouparova, and X. Jing, “Measurement Parameters and Resolution Aspects of Micro X-Ray Tomography for Advanced Core Analysis”, *International Symposium of the Society of Core Analysts Held in Abu Dhabi, UAE, October 5-9, 2004*.
12. A. Dubi (2003), *System Engineering Science Analytical Principle and Monte Carlo Methods*, MIRCE Academy, UK.
13. J. Fieres, P. Schumann, C. Reinhart, “Predicting Failure in Additively Manufactured Parts for X-Ray Computed Tomography and Simulation,” *Procedia Engineering 213 ScienceDirect*, 69 – 78, 2018.
14. U. Hilpert, *et al.*, “Simulation-aided Computed Tomography (CT) for Dimensional Measurements,” *DIR 2007 - International Symposium on Digital Industrial Radiology and Computed Tomography*, Lyon, 2007.
15. J. T. Lee, *et al.*, “Design of a Linear Detector Array Unit for High Energy X-ray Helical Computed Tomography and Linear Scanner”, *Journal of Radiation Industry*, 10 (3), 2016.
16. J. Kastner, *et al.*, “New X-ray Computed Tomography Methods for Research and Industry”, *7th Conference on Industrial Computed Tomography*, Leuven, Belgium, iCT2017.
17. Kiedrowski, C. Brian (2016), *MCNP6 for Criticality Accident Alarm Systems -- A Primer*, LA-UR-12-25545, Los Alamos National Laboratory.
18. J. Kim, S. Jung, J. Moon, T. Kwon, G. Cho, “Monte Carlo Simulation for the Design of Industrial Gamma-ray Transmission Tomography,” *Progress in Nuclear Science and Technology*, Vol. 1, 263 – 266, 2011.
19. P. E. Labeau, E. Zio, “Procedures of Monte Carlo Transport Simulation for Applications in System Engineering,” *Reliability Engineering and System Safety*, 77, 217 – 228, 2002.
20. G. Y. Liao, “Component Assembly Modeling Using Monte Carlo Simulation: Industry Based Project,” *Proceeding of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*.
21. D. Cullen, J. H. Hubbell, and L. Kissel (1997), *EPDL97: The Evaluated Photon Data Library '97 Version*, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-50400 vol. 6, USA.
22. S. T. Perkins, D. E. Cullen, and S. M. Seltzer (1991), *Tables and Graphs of Electron - Interaction*

Cross Sections from 10 eV to 100 GeV Derived from the LLNL Evaluated Electron Data Library (EEDL) Z = 1-100, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-50400 vol. 31, USA.
23. S. T. Perkins, *et al.* (1997a), *Tables and Graphs of Atomic Subshell and Relaxation Data Derived from the LLNL Evaluated Atomic Data Library (EADL), Z = 1-100*, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-50400 vol. 30, USA.

SIMULATION OF CONE-BEAM INDUSTRIAL COMPUTED TOMOGRAPHY SYSTEM

Abstract: Computed tomography (CT), a modern technique with many applications, becomes more and more important and necessary in many fields. The CT systems are therefore continuously developed for many generations in order to obtain better and better imaging quality in sensitivity, definition, spatial resolution. In Vietnam, many high quality CT systems were imported for industrial imaging. However, the high cost, not easy to maintain during operation are the unsolved problems for imported CT systems. Therefore, the design and manufacturing of CT devices are studied to enhance the ability for the localization.

In recent years, with the outstanding development of computer science, Monte Carlo simulation (MC) has been widely used in many researches for eliminating unnecessary processes, or saving the experimental costs and time. For the designing and manufacturing, MC simulation is performed to get the optimal configuration for individual devices of specific works.

In this study, the specifications of cone-beam industrial CT system were simulated using MCNP and GEANT4 programs. The factors which affect to image quality such as radiation source, detector, focal spot to object distance (FOD), focal spot to detector distance (FDD) were evaluated. The results show that the CT system with the X-ray focal spot of $4 \times 4 \mu\text{m}^2$, maximum high voltage of 240 kVp, radiation intensity of 10^{13} #/s, and CsI scintillation detector of 0.3mm thick, is suitable for performing a good image quality, fast scanning-time for tested samples which made from light materials, in sizes of industrial common items or device details. The simulation has greatly contributed to the selecting of equipment, designing mechanical systems for the recently developing cone-beam industrial CT system.

Keywords: Cone-beam CT system, Monte-Carlo simulation, industrial CT imaging