

TIẾP CẬN XU HƯỚNG ỨNG DỤNG AI TRONG XẠ TRỊ: VAI TRÒ VÀ TRÁCH NHIỆM CỦA NHÀ VẬT LÝ Y KHOA

Nguyễn Mai Đăng Khoa^{1*}, Trần Cường¹

TÓM TẮT:

Trong những năm gần đây, trí tuệ nhân tạo (AI) đã trở thành chủ đề được thảo luận sôi nổi trên các diễn đàn khoa học. Với khả năng tự động xử lý lượng lớn dữ liệu và cung cấp những hiểu biết vượt ngoài khả năng của con người, AI có tiềm năng mang lại những tiến bộ vượt bậc trong y học, đặc biệt là lĩnh vực ung thư. Trong xạ trị, AI đang được ứng dụng rộng rãi, từ chẩn đoán và phân loại giai đoạn bệnh đến lập kế hoạch điều trị và mô phỏng liều lượng bức xạ. Việc triển khai các công cụ AI trong xạ trị dự kiến sẽ tiếp tục gia tăng trong thời gian tới. Tuy nhiên, để tận dụng hết tiềm năng của AI, các nhà vật lý y khoa cần phải thay đổi và thích nghi với sự phát triển của công nghệ này. Vai trò của họ không còn giới hạn ở việc lập kế hoạch xạ trị và kiểm soát chất lượng thiết bị, mà còn bao gồm việc nắm vững công nghệ AI để đánh giá độ chính xác và tin cậy của các ứng dụng AI, cũng như xây dựng quy trình kiểm định và thẩm định tính tương thích của các công cụ này. Đồng thời, họ phải đảm bảo rằng các công cụ AI tuân thủ các quy định an toàn trong chẩn đoán và điều trị. Bài viết này cập nhật những ứng dụng AI trong xạ trị, như hỗ trợ chẩn đoán lâm sàng, tự động phân vùng hình ảnh và dự đoán phân bố liều, đồng thời thảo luận về vai trò quan trọng của nhà vật lý y khoa trong việc triển khai chúng. Chúng tôi cũng đề xuất các kỹ năng cần thiết để nhà vật lý y khoa thực hiện hiệu quả các nhiệm vụ này.

Từ khóa: AI, vật lý y khoa, xạ trị.

APPROACHING THE AI TRANSFORMATION IN RADIOTHERAPY: THE ROLE AND RESPONSIBILITIES OF MEDICAL PHYSICISTS

ABSTRACT:

In recent years, artificial intelligence (AI) has become a major topic of discussion on many scientific forums. With the ability to automatically process large amounts of data and provide insights

¹Bệnh viện Chợ Rẫy

*Chịu trách nhiệm chính: Nguyễn Mai Đăng Khoa

Email: mdknguyen95@gmail.com

Ngày nhận bài: 06/8/2024

Ngày phản biện khoa học: 30/8/2024

Ngày duyệt bài: 24/9/2024

beyond human capabilities, AI has the potential to drive significant advancements in medicine, particularly in oncology. In radiotherapy, AI can be widely applied in the process of diagnosis and staging of diseases as well as automating the radiotherapy planning process and radiation dose simulation. In the near future, the deployment and utilization of AI-based tools in radiotherapy will increase; however, to fully exploit their potential and ensure these tools are applied safely, effectively, and appropriately, medical physicists need to adapt to new changes. Their roles and responsibilities extend beyond traditional tasks of radiotherapy planning, dose measurement, and equipment quality assurance to include a fundamental understanding of AI technology, assessing the accuracy and reliability of AI systems, and developing validation and verification processes for the compatibility and quality of these tools. They must also ensure these tools comply with safety regulations and standards in diagnosis and treatment. In this paper, we would like to introduce some AI applications in radiotherapy which have been developing recently, such as auto-segmentation of organs on CT images and auto-planning of radiotherapy; thereby discussing the important roles and responsibilities of medical physicists in the implementation and development of these applications. Additionally, we propose some essential skills for medical physicists to effectively perform these roles and responsibilities.

Keywords: AI, ROMP, Radiotherapy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ung thư là một trong những nguyên nhân gây tử vong hàng đầu trên toàn cầu. Dữ liệu từ GLOBOCAN năm 2022 cho thấy có khoảng 20 triệu ca ung thư mới được chẩn đoán mỗi năm. Trong đó, hơn một nửa số bệnh nhân cần điều trị bằng xạ trị, bao gồm xạ trị đơn thuần hoặc kết hợp với phẫu thuật và hóa trị [1]. Tuy nhiên, do những hạn chế về cơ sở vật chất, khả năng tiếp cận công nghệ và đặc biệt là sự thiếu hụt chuyên gia có tay nghề ở nhiều bệnh viện kể cả tại các quốc gia phát triển và các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, phần lớn người bệnh ung thư chưa thể tiếp cận các liệu pháp xạ trị tiên tiến. Tình trạng thiếu hụt nhân lực này càng trở nên nghiêm trọng khi các kỹ thuật xạ trị liên tục được cải tiến và phát triển ngày càng nhanh, ngày càng đòi hỏi nhân sự có kiến thức, kỹ năng và kinh nghiệm cao để tiếp nhận và vận hành. Điều này dẫn đến sự phát triển không đồng đều về chất lượng điều trị ở các

trung tâm xạ trị trong và ngoài nước, đặt ra một thách thức lớn cho công tác quản lý y tế công cộng [2].

Để giải quyết những thách thức này, ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) vào y tế nói chung và trong lĩnh vực xạ trị nói riêng đang nổi lên như một giải pháp tiềm năng. AI có khả năng tự động hóa nhiều tác vụ có tính lặp lại trong quá trình xạ trị, giúp giảm tải công việc cho nhân viên y tế và cho phép họ tập trung vào các nhiệm vụ phức tạp và quan trọng hơn. Nhờ đó, không chỉ nâng cao hiệu quả điều trị, AI còn tối ưu hóa quy trình làm việc tại các cơ sở y tế. Ban đầu, các nền tảng AI chủ yếu dựa vào các quy tắc định sẵn (rule-based reasoning), dẫn đến nhiều hạn chế và thiếu linh hoạt khi áp dụng trong lĩnh vực y tế [3]. Tuy nhiên, với sự phát triển vượt bậc của công nghệ, các thuật toán AI hiện đại như khả năng tự học hỏi của máy (Machine learning - ML) và khả năng học hỏi chuyên sâu hay còn gọi là học sâu (Deep

learning - DL) đã có thể phân tích lượng lớn dữ liệu phức tạp, nhận diện các mối tương quan và đưa ra các quyết định với độ chính xác cao. Trong một số trường hợp, các thuật toán này thậm chí có thể vượt qua trí tuệ con người, đặc biệt là trong việc phân tích và chẩn đoán hình ảnh y học [4].

Trong lĩnh vực xạ trị, AI có tiềm năng ứng dụng trong hầu hết các giai đoạn của tiến trình điều trị, từ chẩn đoán, xác định giai đoạn bệnh đến lập kế hoạch, điều trị và theo dõi sau điều trị. Điển hình như các hệ thống hỗ trợ quyết định lâm sàng dựa trên AI (AI-based Clinical Decision Support System - CDSS) giúp tăng hiệu quả chẩn đoán và xác định giai đoạn bệnh [5]. Ngoài ra, công cụ tự động phân vùng hình ảnh y học (Automated Medical Image Segmentation - AS) cũng được sử dụng phổ biến để cải thiện khả năng phân tích và xử lý hình ảnh [6]. Bên cạnh đó, các công cụ hỗ trợ lập kế hoạch xạ trị như mô phỏng phân bố liều dựa trên AI (AI-predicted Dose Distribution) [7] và tối ưu hóa kế hoạch xạ trị (AI-driven Treatment Planning System) [8], cũng giúp cải thiện về mặt thời gian và nâng cao chất lượng lập kế hoạch điều trị. Các ứng dụng này đang được nhiều nhà sản xuất thiết bị y tế nghiên cứu và phát triển, và dự kiến sẽ được triển khai rộng rãi trong thực hành lâm sàng trong tương lai gần.

Song song với tiềm năng mang lại nhiều cải tiến đáng kể của AI trong xạ trị, việc nhận diện và quản lý chặt chẽ các rủi ro cũng như hậu quả không mong muốn khi áp dụng công nghệ này vào thực tiễn lâm sàng là vô cùng quan trọng. Lo ngại chính liên quan đến AI bao gồm độ lệch của thuật toán (algorithmic bias), do dữ liệu đầu vào không được sàng lọc kỹ lưỡng, có thể dẫn đến sai lệch theo một xu hướng nhất định trong kết quả dự đoán. Ngoài ra, vấn đề

bảo mật dữ liệu, đặc biệt là hồ sơ bệnh án và thông tin điều trị của bệnh nhân, cũng cần được cân nhắc thận trọng [9]. Để đảm bảo áp dụng AI trong xạ trị an toàn và hiệu quả, các cơ sở y tế cần xây dựng các quy trình và hướng dẫn cụ thể từ việc lựa chọn công cụ, ứng dụng AI phù hợp, thẩm định và nghiệm thu sản phẩm, đến việc triển khai thực tế trong lâm sàng, đồng thời đảm bảo tuân thủ các tiêu chuẩn và quy định y tế hiện hành. Việc này đòi hỏi các trung tâm xạ trị phải có một đội ngũ nhân sự có khả năng nắm bắt và cập nhật những tiến bộ mới nhất trong công nghệ AI. Đội ngũ này nên có sự tham gia của các nhà vật lý y khoa, những người sẽ giữ vai trò then chốt trong việc ứng dụng AI vào thực tiễn lâm sàng nhờ vào nền tảng kiến thức sâu rộng về lĩnh vực kỹ thuật, công nghệ, tin học và kết hợp được với y học lâm sàng [9].

Ngày nay, nhà vật lý y khoa đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo các kỹ thuật xạ trị được thực hiện an toàn, chính xác và hiệu quả trong điều trị cho bệnh nhân. Vai trò này càng được mở rộng trong kỷ nguyên AI, các nhà vật lý y khoa sẽ khảo sát và đánh giá sự tương thích về cấu hình kỹ thuật của các ứng dụng AI; thẩm định và xác minh độ chính xác của mô hình AI sử dụng dữ liệu thực tế tại cơ sở; hiệu chuẩn các ứng dụng AI để đảm bảo chúng hoạt động chính xác và hiệu quả. Ngoài ra, họ còn đóng góp chuyên môn vào việc xây dựng các quy định, tiêu chuẩn và hướng dẫn để kiểm soát việc sử dụng AI trong lâm sàng. Điều này bao gồm việc kiểm tra nghiêm ngặt các thuật toán AI với nhiều kịch bản lâm sàng khác nhau nhằm xác định các giới hạn và sai lệch có thể xảy ra [9].

Trong bài viết này, chúng tôi trình bày các khái niệm cơ bản về AI và một số ứng dụng

tiên tiến của nó trong lĩnh vực xạ trị, bao gồm: Hệ thống hỗ trợ quyết định lâm sàng, ứng dụng tự động phân vùng hình ảnh y học và ứng dụng dự đoán phân bố liều bức xạ. Thông qua đó, chúng tôi đúc kết những đổi mới quan trọng trong vai trò và trách nhiệm của các nhà vật lý y khoa trong xạ trị khi làm việc ở kỷ nguyên AI. Ngoài ra, chúng tôi đề xuất một số kỹ năng cần thiết để các nhà vật lý y khoa có thể thực hiện hiệu quả các vai trò và trách nhiệm này.

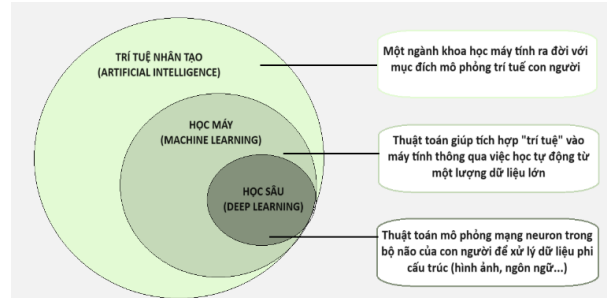
2. TRÍ TUỆ NHÂN TẠO VÀ CÁC ỨNG DỤNG TRONG XẠ TRỊ

2.1. Trí tuệ nhân tạo (AI)

Trí tuệ nhân tạo (AI) là một lĩnh vực liên ngành, kết hợp giữa Toán học, Khoa học máy tính và nhiều ngành nghiên cứu khác tùy theo phạm vi ứng dụng và chức năng của nó. Công nghệ này nghiên cứu và tạo ra các mô hình, ứng dụng mô phỏng hoạt động tư duy của con người dựa trên các thuật toán thống kê [11]. Thuật ngữ “Artificial Intelligence” được giới thiệu như một khái niệm khoa học bởi J. McCarthy và các cộng sự trong một hội nghị tại Đại học Dartmouth vào năm 1955 [10]. Tuy nhiên, bước ngoặt thực sự của AI đến vào năm 2012, khi các mô hình thị giác máy tính như ImageNet và AlexNet được ứng dụng rộng rãi trong việc xử lý và phân tích hình ảnh y học, thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ này trong y tế [11].

Nhìn chung, AI là một ngành khoa học ra đời với mục tiêu tạo ra một “bộ não” cho máy tính thông qua việc sử dụng nhiều loại thuật toán có các chức năng khác nhau. Trong đó, ML và DL là hai công cụ phổ biến nhất, thường được sử dụng trong các ứng dụng y tế. Chúng có khả năng khai thác và xử lý lượng dữ liệu lớn từ nhiều định dạng khác nhau, giúp nâng

cao hiệu quả và độ chính xác của các mô hình dự đoán. Mỗi quan hệ giữa AI, ML và DL được minh họa trong Hình 1.

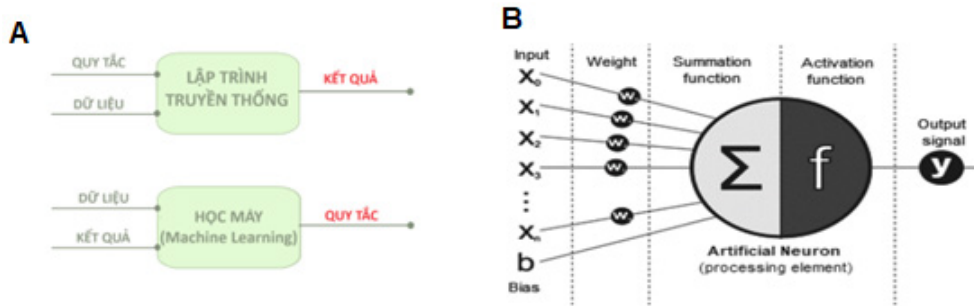


Hình 1: Mối quan hệ giữa Trí tuệ nhân tạo, học máy, và học sâu [12].

2.1.1. Khả năng tự học hỏi của máy (Machine Learning - ML)

ML là một nhánh của trí tuệ nhân tạo tập trung vào việc sử dụng thuật toán để tìm kiếm các mối tương quan trong lượng lớn dữ liệu. Các thuật toán này mô phỏng cách con người suy luận và khái quát hóa vấn đề, điển hình như việc phát hiện và khái quát hóa các mối tương quan trong dữ liệu và đưa ra quyết định dựa trên xác suất thống kê. Khác với nguyên tắc lập trình truyền thống, nơi con người thiết lập các quy tắc và điều kiện để máy tính thực hiện nhiệm vụ và đưa ra câu trả lời, hệ thống ML yêu cầu máy tính phân tích dữ liệu để tự động hình thành các quy tắc (Hình 2A) [12].

ANN thường gồm ba lớp chính: Lớp đầu vào, các lớp ẩn và lớp đầu ra. Mỗi nơ-ron trong lớp đầu vào kết nối với các nơ-ron ở lớp kế tiếp thông qua các trọng số, quyết định mức độ ảnh hưởng của tín hiệu. Trong quá trình huấn luyện, mạng nơ-ron tính tổng trọng số của các tín hiệu đầu vào và áp dụng một hàm kích hoạt (activation function) để tạo ra tín hiệu đầu ra, truyền đến các nơ-ron ở lớp tiếp theo cho đến khi đạt được kết quả cuối cùng (Hình 2B).



Hình 2: So sánh nguyên tắc lập trình truyền thống và phương pháp học máy (hình A) và sơ đồ thể tóm tắt mô hình ANN với dữ liệu đầu vào (x_i), trọng số (w_i), độ lệch (b), hàm tổng (Σ), hàm kích hoạt (f), và tín hiệu đầu ra (y) (Hình B) [13], [14]

2.1.2. Học sâu (Deep learning - DL)

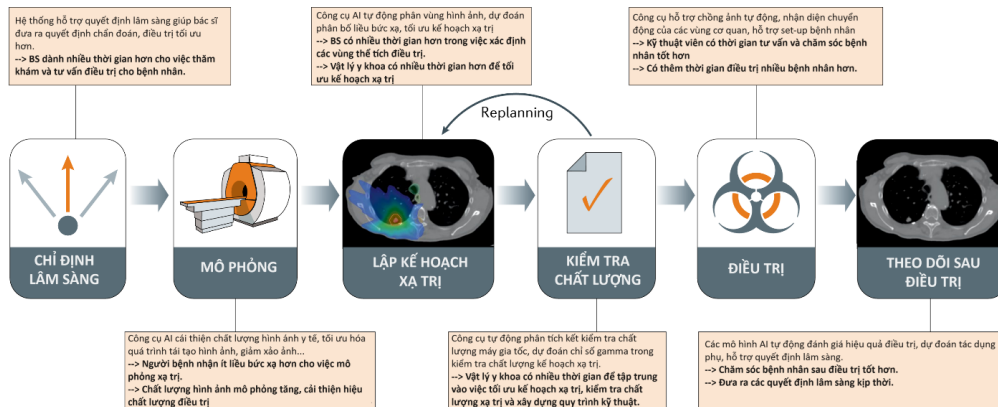
DL là một dạng của ML, sử dụng các mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Networks - ANN) có nhiều lớp, với độ sâu tăng theo số lượng lớp. Các mạng này học từ dữ liệu đầu vào thông qua việc điều chỉnh các trọng số (weights) và độ lệch (biases). Ban đầu, các trọng số và độ lệch được khởi tạo ngẫu nhiên và sau đó được tối ưu hóa trong quá trình huấn luyện.

Hàm mất mát (loss function) được sử dụng để đo lường sự khác biệt giữa kết quả dự đoán của mô hình và giá trị thực tế. Các thuật toán tối ưu hóa, như lan truyền ngược (backpropagation), điều chỉnh các trọng số và độ lệch

nhằm giảm thiểu hàm mất mát, qua đó cải thiện hiệu suất của mô hình. Quá trình tối ưu hóa này đảm bảo rằng mô hình học sâu có thể học hỏi từ dữ liệu và đưa ra các dự đoán chính xác [13].

2.2. Ứng dụng của AI trong xạ trị

Nhiều ứng dụng AI đã được nghiên cứu và phát triển trong các lĩnh vực y tế và chăm sóc sức khỏe trong những năm gần đây. Kể từ năm 2015, số lượng các bài báo khoa học liên quan đến AI, ML và DL trong y học đã tăng lên một cách đáng kể. Các nhà cung cấp thiết bị y tế lớn cũng đã bắt đầu phát triển và thương mại hóa một số công cụ dựa trên AI cho các ứng dụng cụ thể trong lĩnh vực hình ảnh y tế và xạ trị [9].



Hình 4: Các ứng dụng tiềm năng của AI trong quy trình xạ trị lợi ích mang lại.
 Hình ảnh trích từ Huynh, E. (2020) [14].

Quy trình xạ trị thường có nhiều bước, bao gồm: Chỉ định điều trị, mô phỏng, lập kế hoạch, kiểm tra chất lượng, điều trị và theo dõi sau điều trị. Trong mỗi giai đoạn này, AI đều có tiềm năng cải thiện hiệu suất công việc và giảm bớt nhu cầu về nhân lực. Một số ứng dụng cụ thể của AI trong quy trình xạ trị được biểu diễn trong Hình 4.

2.2.1. Hỗ trợ quyết định lâm sàng (CDSS)

Quy trình xạ trị bắt đầu bằng việc hội chẩn đa chuyên khoa để đưa ra chỉ định điều trị phù hợp cho từng bệnh nhân. Quá trình điều trị sau đó yêu cầu các quyết định lâm sàng quan trọng từ đội ngũ chuyên gia y tế, bao gồm việc lựa chọn kỹ thuật điều trị, đánh giá tác dụng phụ để can thiệp kịp thời các biến chứng và theo dõi diễn tiến bệnh để điều chỉnh phác đồ phù hợp. Những quyết định này đòi hỏi cập nhật và xử lý liên tục thông tin từ hồ sơ bệnh án của bệnh nhân. Với tình trạng quá tải bệnh nhân tại hầu hết các trung tâm xạ trị, việc theo dõi sát sao từng người bệnh trở thành thách thức lớn cho nhân viên y tế. Do đó, các mô hình CDSS có thể hỗ trợ giảm tải công việc, giúp bác sĩ tập trung hơn vào việc theo dõi và chăm sóc bệnh nhân.

Một số mô hình CDSS đã được phát triển, chẳng hạn như: Mô hình dự đoán khả năng bệnh nhân cần sử dụng dịch vụ cấp cứu hoặc theo dõi nội trú trong quá trình xạ trị dựa trên hồ sơ bệnh án tiền xạ trị [15]. Bệnh nhân xạ trị, hóa trị, hoặc hóa xạ đồng thời có thể cần đến các dịch vụ cấp cứu hoặc theo dõi nội trú do các biến chứng của liệu pháp điều trị. Việc dự báo sớm nhu cầu này có thể giúp bệnh nhân được theo dõi và chăm sóc tốt hơn, đồng thời giảm thiểu các chi phí phát sinh do không can thiệp kịp thời. Ngoài ra, các mô hình CDSS dự đoán tác dụng phụ của xạ trị cũng cho thấy

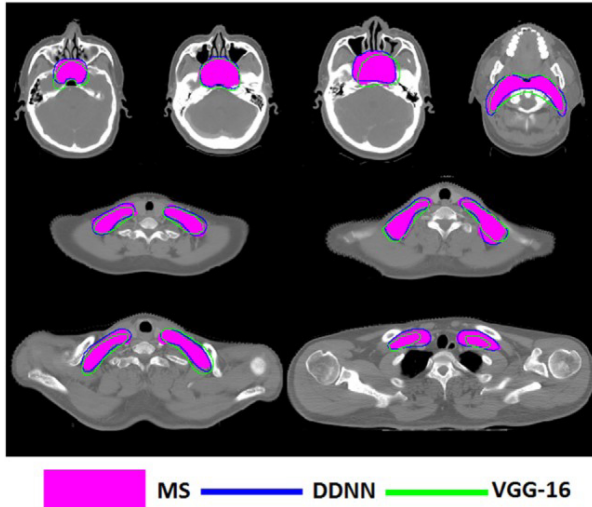
tiềm năng lớn trong việc nâng cao hiệu quả điều trị, ví dụ như: Mô hình dự đoán tác dụng phụ khô miệng trong xạ trị đầu mặt cổ, viêm phổi trong xạ trị u phổi không tế bào nhỏ, biến chứng gan-mật trong xạ trị định vị thân SBRT cho u gan, và suy thận trong xạ trị ung thư cổ tử cung [14]. Các mô hình này chủ yếu dựa trên dữ liệu hồ sơ bệnh án tiền xạ trị và phác đồ điều trị của bệnh nhân để đưa ra dự đoán với tỷ lệ chính xác lên đến gần 90%. Việc tiên lượng chính xác các biến chứng xạ trị không chỉ giúp bác sĩ theo dõi và tư vấn bệnh nhân hiệu quả hơn trong việc phòng ngừa và điều trị biến chứng mà còn giúp giảm thiểu chi phí điều trị tổng thể cho bệnh nhân.

2.2.2. Tự động phân vùng hình ảnh (AS)

Việc phân vùng hình ảnh để xác định thể tích vùng tổn thương và các cơ quan lành liên quan là nhiệm vụ cực kỳ quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả điều trị của bệnh nhân. Xác định không đúng vị trí và thể tích của khối u trên hình ảnh mô phỏng có thể dẫn đến tình trạng quá liều hoặc thiếu liều, gây giảm xác suất kiểm soát khối u và tăng nguy cơ biến chứng mô lành. Tuy nhiên, công tác này đòi hỏi rất nhiều thời gian do yêu cầu cao về sự chi tiết và chính xác, tạo ra áp lực đáng kể cho các bác sĩ xạ trị trước số lượng bệnh nhân lớn. Do đó, nhu cầu về một công cụ AI tự động phân vùng (AS) trở nên cấp thiết và đang được các nhà cung cấp thiết bị y tế trong lĩnh vực xạ trị phát triển mạnh mẽ.

Với sự phát triển nhanh chóng của các mô hình AI trong hỗ trợ chẩn đoán hình ảnh y học, các mô hình AS đã đạt được nhiều thành công đáng kể. Chẳng hạn, các mô hình tự động xác định cấu trúc giải phẫu vùng đầu cổ [6], vùng ngực [16] và vùng bụng chậu [17], đã được phát

triển và ứng dụng hiệu quả. Ngoài ra, một số mô hình tự động xác định vùng thể tích bệnh lý cần điều trị với chất lượng tương đương với các chuyên gia ung bướu cũng đã được ghi nhận (Hình 5). Tuy nhiên, các nghiên cứu này thường có số lượng dữ liệu huấn luyện mô hình AI rất hạn chế, do đó độ chính xác thường vẫn bị ảnh hưởng bởi sự thiên lệch của thuật toán [18].



Hình 5: So sánh kết quả phân vùng thủ công bởi các chuyên gia ung bướu (Manual Segmentation - MS) và phân vùng tự động sử dụng AI thuật toán mạng nơ-ron giải chập (Deep Deconvolution Neural Network) và thuật toán mạng nơ-ron tích chập VGG-16. Hình ảnh trích từ Men, K. (2017) [16].

2.2.3. Dự đoán phân bố liều bức xạ (Dose distribution prediction)

Quy trình lập kế hoạch xạ trị thường chia làm hai phần: 1) tính toán phân bố liều tối ưu và 2) xác định các thông số vận hành của máy gia tốc tuyến tính để đạt được phân bố liều như mong muốn. Đa số các ứng dụng AI thường tập trung vào phần đầu tiên bằng cách dự đoán các phân bố liều tối ưu dựa trên dữ liệu mô phỏng của bệnh nhân [19]. Phân bố liều tối ưu dự đoán

này sau đó được sử dụng để các phần mềm lập kế hoạch thực hiện bước hai của quy trình, giúp rút ngắn thời gian lập kế hoạch [20]. Ứng dụng này đóng vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật xạ trị đáp ứng theo mô đích, khi kế hoạch xạ trị cần được điều chỉnh nhiều lần dựa theo sự thay đổi của vùng mô đích trên bệnh nhân.

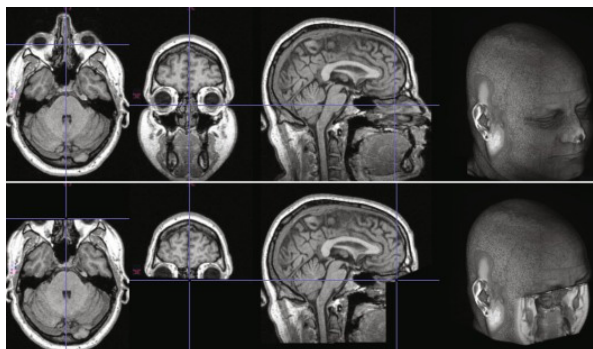
2.3. Thách thức của việc áp dụng AI trong Xạ trị

Trong những năm gần đây, AI đã trở thành chủ đề thảo luận thường xuyên tại các diễn đàn khoa học kỹ thuật, với kỳ vọng có thể thay thế sự tư duy của con người trong nhiều lĩnh vực. Tiềm năng của AI được coi như một giải pháp toàn diện, có khả năng giải quyết các vấn đề phức tạp trong ngành y tế. Tuy nhiên, thực tế cho thấy số lượng ứng dụng AI được triển khai hiệu quả vẫn còn rất hạn chế. Nghiên cứu của van Leeuwen và các cộng sự [21] đã chỉ ra rằng, trong số 100 ứng dụng AI được thương mại hóa trong lĩnh vực chẩn đoán hình ảnh, chỉ có 18 ứng dụng thực sự mang lại hiệu quả trong lâm sàng.

Rào cản chính trong việc ứng dụng AI trong y tế, đặc biệt là xạ trị, là vấn đề về độ lệch của thuật toán, ảnh hưởng bởi dữ liệu đầu vào dùng để huấn luyện cho mô hình. Độ chính xác của các mô hình AI phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng và số lượng dữ liệu đầu vào được sử dụng để huấn luyện. Đa phần các mô hình AI hiện nay được huấn luyện với số lượng dữ liệu hạn chế do việc thu thập dữ liệu y tế tốn nhiều thời gian và chi phí. Điều này dẫn đến độ lệch thuật toán, khiến mô hình chỉ đưa ra kết quả chính xác với một nhóm bệnh nhân có đặc điểm tương đồng về bệnh lý, giới tính và tuổi tác, trong khi lại thất bại với dữ liệu thực tế đa dạng tại các cơ sở y tế [22].

Vấn đề về khả năng mô tả rõ ràng cách thức đưa ra quyết định của các mô hình AI cũng đặt ra nghi vấn lớn cho việc triển khai chúng trong xạ trị. Các mô hình AI thường là những những ứng dụng đóng gói khép kín, đặc biệt các mô hình DL thường được ví như “hộp đen” do sự phức tạp trong kiến trúc của chúng, nơi mà quá trình xử lý, phân tích thông tin và đưa ra kết quả không được thể hiện rõ ràng ngay cả đối với những người phát triển mô hình. Sự phức tạp này xuất phát từ việc các mô hình AI bao gồm hàng triệu tham số liên kết với nhau trong nhiều lớp nơ ron ẩn, tạo ra một mạng lưới phức tạp các kết nối và tương tác. Điều này không chỉ làm cho quá trình phân tích trở nên khó hiểu mà còn gây khó khăn trong việc giải thích kết quả đầu ra của mô hình. Việc thiếu sự mô tả rõ ràng này tạo ra rào cản lớn trong việc áp dụng AI vào thực hành y tế, đặc biệt là trong các hệ thống hỗ trợ quyết định lâm sàng. Trong các tình huống này, việc hiểu và nắm rõ cách mà mô hình đưa ra quyết định là vô cùng quan trọng để đánh giá mức độ tin cậy và đảm bảo an toàn cho bệnh nhân. Điều này sẽ giúp các chuyên gia y tế có thể kiểm tra và xác minh các quyết định mà AI đưa ra, từ đó nâng cao niềm tin và sự chấp nhận của công nghệ này [23].

Ngoài ra, vấn đề bảo mật thông tin của bệnh nhân trong các dữ liệu dùng để huấn luyện mô hình AI cũng là một trở ngại đáng kể trong việc triển khai công nghệ này. Với khả năng phân tích vượt trội, các mô hình AI có thể tái tạo hình ảnh 3D khuôn mặt của bệnh nhân từ hình ảnh CT vùng đầu (Hình 6) [24], hoặc thậm chí tổng hợp hồ sơ bệnh án chi tiết của một cá nhân. Nếu không được kiểm soát chặt chẽ, điều này sẽ vi phạm các quy định về bảo mật thông tin cá nhân, đặt ra các thách thức pháp lý và đạo đức nghiêm trọng trong việc ứng dụng AI trong y tế.



Hình 6: Phương pháp xóa nhận dạng dữ liệu được sử dụng để tránh tiết lộ thông tin sức khỏe, thông tin nhận dạng cá nhân trong dữ liệu dùng để huấn luyện các mô hình AI [24].

3. VAI TRÒ VÀ TRÁCH NHIỆM CỦA NHÀ VẬT LÝ Y KHOA TRONG KỶ NGUYÊN TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

Để triển khai áp dụng AI một cách an toàn và hiệu quả trong xạ trị, cần có nhân sự sở hữu những kiến thức chuyên môn về cả y tế và kỹ thuật công nghệ. Nhà vật lý y khoa là những người được đào tạo để có thể kết nối kiến thức từ hai lĩnh vực này.

Theo đề xuất bởi Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA), vai trò chính của nhà Vật lý y khoa trong xạ trị là thiết lập và thực hiện các quy trình tiếp nhận, nghiệm thu và kiểm tra chất lượng thiết bị chẩn đoán, điều trị và đo lường bức xạ, nhằm đảm bảo thiết bị hoạt động an toàn, chính xác và tối ưu trong lâm sàng [9]. Trong kỷ nguyên AI, vai trò này vẫn phù hợp khi xem các ứng dụng AI như một dạng thiết bị y tế. Tuy nhiên, sẽ bổ sung thêm trách nhiệm mới là nhận diện các rủi ro tiềm ẩn của các ứng dụng AI và đào tạo kiến thức về công nghệ này cho các nhân sự khác. Tổng quan, vai trò và trách nhiệm của nhà vật lý y khoa trong việc triển khai và áp dụng AI trong lâm sàng có thể được liệt kê như sau [9]:

3.1. Vai trò và trách nhiệm

Nghiên cứu cấu hình kỹ thuật của các ứng dụng, thiết bị AI. Nhà vật lý y khoa phải liên tục cập nhật và nắm bắt sự phát triển của công nghệ AI trong lĩnh vực xạ trị. Điều này giúp họ có thể tư vấn chính xác cho lãnh đạo về các chức năng và cấu hình kỹ thuật phù hợp khi có nhu cầu triển khai AI trong lâm sàng. Họ cũng cần tham gia góp ý vào quy trình mua sắm để đảm bảo các ứng dụng AI đáp ứng các quy định và tiêu chuẩn quốc tế, và tương thích với cơ sở vật chất và năng lực nhân sự hiện tại.

Tiếp nhận và kiểm tra nghiệm thu ứng dụng, thiết bị AI. Nhà vật lý y khoa đóng vai trò cầu nối giữa nhà cung cấp và các đội ngũ kỹ thuật trong bệnh viện, như phòng công nghệ thông tin và phòng trang thiết bị y tế, trong việc cài đặt và triển khai ứng dụng AI theo đúng các điều kiện thỏa thuận. Họ cũng cần xây dựng và thực hiện quy trình đánh giá chi tiết sự tương thích của ứng dụng với dữ liệu thực tế tại cơ sở, cũng như kiểm tra giới hạn của nó trong những trường hợp cụ thể.

Kiểm tra chất lượng và đánh giá tính tương thích của ứng dụng, thiết bị AI định kỳ. Chương trình kiểm tra, đảm bảo chất lượng cần được xây dựng trước ứng dụng AI trong lâm sàng. Nhà vật lý y khoa chịu trách nhiệm hướng dẫn sử dụng công cụ AI trong lâm sàng, xác định quy trình làm việc, vai trò và trách nhiệm của tất cả thành viên nhằm đảm bảo hệ thống được sử dụng đúng cách và an toàn. Các quy trình nhận diện, đánh giá và giảm thiểu rủi ro có thể xảy ra trong việc triển khai áp dụng AI cũng rất cần thiết. Tất cả các vấn đề về an toàn và hiệu suất trong quá trình sử dụng lâm sàng phải được báo cáo cho nhà vật lý y khoa, người sẽ tiến hành phân tích thêm và thảo luận với nhà cung cấp.

Nghiên cứu và đào tạo. Do tính phức tạp và mới mẻ của AI, hiện chỉ một số ít nhân viên y tế có thể tiếp cận công nghệ này. Để triển khai AI hiệu quả, nhà vật lý y khoa cần mở rộng kiến thức chuyên môn qua các khóa học nâng cao, nghiên cứu, và cập nhật các tiến bộ mới nhất. Họ cũng cần thiết lập chương trình đào tạo chuyên sâu, cung cấp bài giảng, tổ chức hội thảo và chia sẻ kinh nghiệm thực tiễn để đảm bảo đội ngũ nhân viên y tế được trang bị đầy đủ kỹ năng và hiểu biết.

3.2. Kiến thức và kỹ năng

Để thực hiện tốt các vai trò và trách nhiệm mở rộng nêu trên, nhà vật lý y khoa cần cải thiện và phát triển kiến thức chuyên môn và kỹ năng ở một số lĩnh vực mới như:

Kiến thức nền tảng về AI. Nhà vật lý y khoa cần trang bị kiến thức lý thuyết cơ bản về trí tuệ nhân tạo để hiểu rõ nguyên lý vận hành và có cái nhìn tổng quát về công nghệ này. Tuy nhiên, không cần đi quá sâu vào các chi tiết kỹ thuật và không nên tiếp cận từ góc độ của nhà phát triển, trừ khi có hướng phát triển chuyên môn riêng.

Kiến thức công nghệ thông tin và xử lý dữ liệu. Hiểu biết về hệ thống máy tính, phần mềm quản lý dữ liệu, và các giao thức bảo mật thông tin là rất cần thiết để đảm bảo rằng dữ liệu y tế được quản lý an toàn và hiệu quả. Kiến thức về xử lý dữ liệu, bao gồm làm sạch, chuẩn hóa và tích hợp dữ liệu từ các nguồn khác nhau, giúp chuẩn bị lượng dữ liệu cần thiết để kiểm tra và đánh giá khả năng của các mô hình AI có thể ứng dụng trong tương lai.

Kiến thức thống kê và phân tích dữ liệu. Mặc dù hầu hết các nhà vật lý y khoa đã được đào tạo cơ bản về thống kê, họ cần cập nhật và mở rộng kiến thức này trong bối cảnh ứng

dụng AI. Hiểu sâu về các kỹ thuật phân tích dữ liệu và xác suất thống kê giúp họ phân tích và giải thích kết quả từ các mô hình AI, cũng như đánh giá độ tin cậy và hiệu suất của những mô hình này.

Kiến thức về lập trình máy tính. Nhà vật lý y khoa cần nắm vững các nguyên tắc lập trình cơ bản của các ngôn ngữ phổ biến như C và Python. Kiến thức này giúp họ giao tiếp hiệu quả với lập trình viên về những điều chỉnh cần thiết của mô hình AI, đảm bảo rằng các yêu cầu chuyên môn được truyền đạt chính xác và mô hình hoạt động đúng theo yêu cầu lâm sàng.

Kỹ năng tư duy phản biện. Nhà vật lý y khoa cần sử dụng tư duy phản biện để phân tích và đánh giá khách quan các lợi ích và rủi ro của việc ứng dụng AI trong xạ trị. Điều này rất quan trọng trong bối cảnh AI đang được triển khai trong lâm sàng, nhưng chưa có quy định cụ thể từ các cơ quan quản lý y tế.

4. KẾT LUẬN

AI đã và đang mang lại những cải tiến đáng kể trong xạ trị, từ giai đoạn chẩn đoán đến quá trình điều trị. Các ứng dụng AI như hệ thống hỗ trợ quyết định lâm sàng và công cụ tự động phân vùng hình ảnh đã chứng minh tiềm năng rõ rệt trong việc nâng cao chất lượng chăm sóc bệnh nhân. Trong điều trị ung thư nói chung và xạ trị nói riêng, AI sẽ sớm được áp dụng rộng rãi. Tuy nhiên, để công nghệ này thực sự phát huy tối đa tiềm năng, cần giải quyết các thách thức liên quan đến ứng dụng AI trong lâm sàng. Điều này đòi hỏi một cái nhìn rõ ràng hơn về vai trò của nhà Vật lý y khoa trong xạ trị hiện nay, bởi họ đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo an toàn, chính xác và hiệu quả của điều trị ứng dụng bức xạ hạt nhân.

Khi AI trở nên phổ biến trong xạ trị, vai trò và trách nhiệm của nhà Vật lý y khoa sẽ mở rộng, điều này đòi hỏi họ phải nâng cao kiến thức và kỹ năng chuyên môn liên quan đến AI và ứng dụng AI trong lâm sàng. Một cái nhìn mới về AI và xu hướng ứng dụng của nó trong y khoa, đặc biệt là trong xạ trị, là cần thiết và nên được chú ý. Chúng ta nên chuẩn bị sẵn sàng về kế hoạch, chính sách, nhân sự và các quy định liên quan nhằm đảm bảo việc áp dụng AI một cách an toàn và hiệu quả. Kỷ nguyên của ứng dụng AI đang đến, và chắc chắn chúng ta sẽ phải đổi mới và làm việc cùng nó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., et al. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(3), 229-263.
- [2]. Kresl, J. J., & Drummond, R. L. (2004). A historical perspective of the radiation oncology workforce and ongoing initiatives to impact recruitment and retention. *Journal of the American College of Radiology*, 1, 641-648.
- [3]. Sanders, G. D., & Lyons, E. A. (1991). The potential use of expert systems to enable physicians to order more cost-effective diagnostic imaging examinations. *Journal of Digital Imaging*, 4, 112-122.
- [4]. Litjens, G., et al. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60-88.

- [5]. Wang, J., et al. (2019). A predictive model of radiation-related fibrosis based on radiomic features of magnetic resonance imaging. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 105, E599.
- [6]. Nikolov, S., et al. (2018). Deep learning to achieve clinically applicable segmentation of head and neck anatomy for radiotherapy. *arXiv*.
- [7]. Chen, X., Men, K., Li, Y., et al. (2019). A feasibility study on an automated method to generate patient-specific dose distributions for radiotherapy using deep learning. *Medical Physics*, 46, 56-64.
- [8]. Mahmood, R., Babier, A., McNiven, A., et al. (2018). Automated treatment planning in radiation therapy using generative adversarial networks. *arXiv*.
- [9]. International Atomic Energy Agency. (2023). Artificial intelligence in medical physics (Training Course Series No. 83). IAEA.
- [10]. McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., et al. (1955). A proposal for the Dartmouth summer conference on artificial intelligence. *AI Magazine*.
- [11]. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25.
- [12]. Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260.
- [13]. Sarker, I. H. (2021). Deep learning: A comprehensive overview on techniques, taxonomy, applications and research directions. *SN Computer Science*, 2(6), 420.
- [14]. Huynh, E., Hosny, A., Guthier, C., et al. (2020). Artificial intelligence in radiation oncology. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 17(12), 771-781.
- [15]. Hong, J. C., Niedzwiecki, D., Palta, M., et al. (n.d.). Predicting emergency visits and hospital admissions during radiation and chemoradiation: An internally validated pretreatment machine learning algorithm. *JCO Clinical Cancer Informatics*.
- [16]. Lustberg, T., et al. (2018). Clinical evaluation of atlas and deep learning based automatic contouring for lung cancer. *Radiotherapy and Oncology*, 126, 312-317.
- [17]. Jackson, P., et al. (2018). Deep learning renal segmentation for fully automated radiation dose estimation in unsealed source therapy. *Frontiers in Oncology*, 8, 215.
- [18]. Cardenas, C. E., et al. (2018). Deep learning algorithm for auto-delineation of high-risk oropharyngeal clinical target volumes with built-in dice similarity coefficient parameter optimization function. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 101, 468-478.
- [19]. Campbell, W. G., et al. (2017). Neural network dose models for knowledge-based planning in pancreatic SBRT. *Medical Physics*, 44, 6148-6158.

- [20]. Xing, Y., Nguyen, D., & Lu, W., et al. (2019). Technical note: A feasibility study on deep learning-based radiotherapy dose calculation. *Medical Physics*, 47, 753-758.
- [21]. van Leeuwen, K. G., Schalekamp, S., Rutten, M. J., et al. (2021). Artificial intelligence in radiology: 100 commercially available products and their scientific evidence. *European Radiology*, 31, 3797-3804.
- [22]. Malik, A., et al. (2021). Ten simple rules for engaging with artificial intelligence in biomedicine. *PLOS Computational Biology*, 17, e1008531.
- [23]. Challen, R., et al. (2019). Artificial intelligence, bias, and clinical safety. *BMJ Quality & Safety*, 28, 231-237.
- [24]. Diaz, O., Kushibar, K., Osuala, R., et al. (2021). Data preparation for artificial intelligence in medical imaging: A comprehensive guide to open-access platforms and tools. *Physica Medica*, 83, 25-37.