

# MỘT SỐ BÀI THÍ NGHIỆM MÔ PHÒNG XỬ LÝ HÌNH ẢNH Y HỌC SIMULATION LABS OF BIOMEDICAL IMAGING

Võ Như Như, Huỳnh Quang Linh

Bộ môn Vật lý Kỹ thuật Y sinh, Khoa Khoa học Ứng dụng,  
Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh

## BẢN TÓM TẮT

Một nhóm bài thí nghiệm mô phỏng bao gồm ảnh x-quang, chụp cắt lớp, ảnh MRI và siêu âm đã được xây dựng nhằm giúp sinh viên hiểu rõ hơn bản chất vật lý, thử nghiệm và phân tích một số vấn đề cơ bản của xử lý ảnh y học. Chương trình được cung cấp mã nguồn mở tạo điều kiện cho sinh viên có thể phát triển các đề án riêng và kích thích sự sáng tạo trong thiết kế lập trình. Các bài thí nghiệm trên hỗ trợ hiệu quả việc giảng dạy môn học thiết bị chẩn đoán hình ảnh y sinh trong điều kiện Việt nam do sự thiếu thốn phòng thí nghiệm với các trang thiết bị đắt tiền trong lĩnh vực này.

## ABSTRACT

A set of simulation labs including x-ray imaging, tomography, MRI and ultrasound imaging has been created to enable students having a deep comprehension of physical principles, testing and analyzing fundamental aspects of medical image processing. Programs are distributed with open-source which enables students developing their own projects and stimulates their creative ideas of programming design. Mentioned labs have supported effectively the biomedical imaging course in condition of Vietnam due to underequipped laboratory in this speciality.

### 1. MỞ ĐẦU

Thiết bị chẩn đoán hình ảnh y học là một trong những lĩnh vực then chốt của ngành kỹ thuật y sinh hàm chứa những thành tựu hiện đại nhất trong nhiều lĩnh vực liên ngành, đặc biệt về vật lý ứng dụng, y sinh học hiện đại và công nghệ thông tin. Những thiết bị chẩn đoán hình ảnh ngày nay đã trở thành phổ biến, từ những máy siêu âm phổ cập có mặt tại mỗi phòng khám cho đến các thiết bị CT, MRI tối tân ở những bệnh viện lớn; tất cả đều có một đặc điểm chung: đó là những sản phẩm hộp đen được hoàn thiện đến mức người sử dụng chỉ cần thao tác qua những nút bấm và chương trình hoàn chỉnh mà không cần phải biết đến nguyên lý hoạt động hoặc cấu tạo chức năng của chúng, cũng chính vì tính hiện đại và phức hợp của nhiều lĩnh vực như vậy nên nếu người sử dụng muốn hiểu rõ về thiết bị, cũng không phải dễ dàng có thể lĩnh thụ làm chủ được nó.

Mặt khác, các thiết bị chẩn đoán hình ảnh thương mại thường là những thiết bị hộp đen theo nghĩa các mạch cấu tạo, các bộ phận chức năng (đầu dò, khuếch đại và xử lý tín hiệu...) thường được chế tạo thành các module đóng kín, một mặt vì chúng là sản phẩm công nghệ cao với tính chính xác lớn, một mặt vì chúng là các giải pháp sản phẩm độc quyền của hãng sản xuất, các phần mềm xử lý chức năng kèm theo là những sản phẩm công nghệ thông tin mà không có bất cứ một tài liệu nào mô tả đầy đủ. Cho nên trong quá trình đào tạo những kỹ sư kỹ thuật y sinh, là những người được đào tạo để có thể nắm vững cách vận hành, bảo dưỡng và khai thác một cách có hiệu quả các thiết bị trên, thường không có đủ điều kiện để thực hành trên các dạng thiết bị thành phẩm, nên dù có hiểu được lý thuyết nhưng khó nắm được nguyên lý kỹ thuật cũng như khó có thể hiểu được tường tận sự vận hành trong thực tế. Với lý do đó, việc xây dựng những bài thí nghiệm môn kỹ thuật thiết bị chẩn đoán hình ảnh y học nói riêng và cho môn kỹ thuật thiết bị y sinh nói chung, đặc

biệt trong điều kiện Việt Nam là một yêu cầu bức thiết cho chương trình đào tạo ngành kỹ thuật y sinh.

Trong bối cảnh đó, Bộ môn Kỹ thuật Y sinh Khoa Khoa học Ứng dụng đã tiến hành xây dựng các bài thí nghiệm mô phỏng liên quan đến 4 dạng thiết bị chính: thiết bị X quang, thiết bị cắt lớp CT, thiết bị MRI và thiết bị siêu âm. Bên cạnh phần kiến tập mà sinh viên có thể thực hành thao tác trên máy thực tế, qua các bài thí nghiệm này, sinh viên sẽ nắm vững hơn về bản chất vật lý hiện tượng mà thiết bị sử dụng cũng như các nguyên tắc xử lý ảnh.

## 2. MÔ TẢ CÁC BÀI THÍ NGHIỆM

Các bài thí nghiệm được xây dựng theo một trình tự chung sau:

- Tổng quan về lý thuyết thiết bị
- Cơ sở lý thuyết phần thí nghiệm
- Mô tả chương trình mô phỏng
- Câu hỏi và nhiệm vụ phải giải quyết.

Các quá trình mô phỏng được lập trình dựa trên cơ sở các quá trình vật lý và kỹ thuật của từng thiết bị trên ngôn ngữ lập trình C, Matlab hoặc Java. Tận dụng các nguồn mở và thư viện thu thập được trên Internet và sửa đổi sao cho phù hợp với mục tiêu đào tạo ở trường.

Kết quả các bài thí nghiệm trên là những phần mềm với giao diện trực quan hướng dẫn sinh viên sử dụng đúng theo yêu cầu nắm bắt bản chất của vấn đề. Với những yêu cầu trên các bài thí nghiệm của đề tài sẽ góp phần hoàn chỉnh thực hành của môn học.

### a) Bài TN1: Mô phỏng sự tạo ảnh X quang bằng phương pháp Monte Carlo

Tạo ảnh bằng X quang là một trong những kỹ thuật chẩn đoán hình ảnh sử dụng phổ biến trong y học và kỹ thuật. Nguyên lý tạo ảnh dựa trên sự lan truyền và hấp thụ của tia X trong quá trình đi qua môi trường vật chất không đồng nhất. Để hiểu rõ bản chất vật lý sự tương tác của tia X với vật chất, người ta có thể sử dụng mô phỏng quá trình lan truyền của photon tia X thông qua các dạng tương tác đặc trưng cơ bản như hiệu ứng quang điện, tán xạ Compton và Rayleigh cũng như hiệu ứng tạo cặp. Cơ sở thuật toán mô phỏng sự lan truyền này cũng là một công cụ đặc lực giúp giải quyết bài toán tương tác hạt cơ bản với vật chất trong vật lý hạt nhân. Trên cơ sở đó, bài thí nghiệm được thiết kế nhằm các yêu cầu cơ bản sau:

- Hiểu rõ bản chất vật lý của quá trình truyền của tia X trong môi trường chất, các dạng tương tác cơ bản của photon với vật chất và nguyên lý tạo ảnh bằng X quang.

- Tìm hiểu các mô hình vật lý về tương tác và các thuật toán toán học biểu diễn các mô hình trên.

- Làm quen với công cụ mô phỏng Monte Carlo và ứng dụng trong vật lý.

- Thực hành cơ bản cách vận hành các lý thuyết trên trong bài toán mô phỏng sự tạo ảnh X quang bằng cách lập trình trong ngôn ngữ ANSI C và MATLAB.

Kết quả mô phỏng có thể xem ở H.1. Thông qua sự kết hợp giữa chương trình MATLAB và ngôn ngữ C, có thể tạo một giao diện chung để thực hiện bài toán mô phỏng trên (H.2). Tuy nhiên do yêu cầu của bài thí nghiệm là tập cho sinh viên làm quen với bản chất vật lý quá trình tạo ảnh X quang và các công cụ toán học lập trình để thực hiện mô phỏng nên mục tiêu không phải là một chương trình tự động minh họa như trên. Mặt khác xây dựng một chương trình như vậy có thể thực hiện trong nội dung một đề án thực tập hoặc nghiên cứu của sinh viên.

### b) Bài TN2: Mô phỏng sự tạo ảnh của thiết bị chẩn đoán siêu âm

Thiết bị chẩn đoán hình ảnh siêu âm là một trong những thiết bị chẩn đoán sử dụng phổ biến nhất trong y tế hiện nay, mà nguyên lý tạo ảnh của nó dựa vào sự thu nhận tín hiệu phản hồi của sóng siêu âm khi truyền qua môi trường không đồng nhất. Để hiểu rõ bản chất vật lý sự tương tác của siêu âm với vật chất, người ta có thể mô phỏng sự tạo ảnh siêu âm được thực hiện trên cơ sở mô hình toán học mô phỏng sự truyền qua, sự tán xạ và thu nhận tín hiệu phản hồi của sóng siêu âm khi đi vào mô, kết hợp với lý thuyết hệ thống tuyến tính với các bộ lọc mô phỏng chức năng hoạt động của các đầu dò siêu âm.

Chính việc xây dựng thí nghiệm mô phỏng bằng thuật toán này giúp cho sinh viên bên cạnh phần thực tập hoặc kiến tập mà sinh viên có thể thực hành thao tác, có thể nắm vững hơn về bản chất vật lý hiện tượng mà thiết bị sử dụng cũng như các nguyên tắc xử lý ảnh.

Trên tinh thần đó, bài thí nghiệm được thiết kế nhằm các yêu cầu cơ bản sau:

- Hiểu rõ bản chất vật lý của quá trình truyền sóng âm trong môi trường chất, các mô hình vật

lý và các thuật toán biểu diễn của sự truyền qua, sự phản xạ và tán xạ của sóng âm trong môi trường không đồng nhất và nguyên lý tạo ảnh siêu âm.

- Làm quen với công cụ mô phỏng siêu âm FieldII của J.A.Jensen [1, 2, 3] và ứng dụng trong mô phỏng bài toán cụ thể.

- Thực hành trên một chương trình mô phỏng sự tạo ảnh siêu âm viết bằng MATLAB cho một cấu hình đơn giản (xem hình3).

Một số kết quả mô phỏng được minh họa ở hình 4 và 5.

Yêu cầu của bài thí nghiệm là tập cho sinh viên làm quen với bản chất vật lý quá trình tạo ảnh siêu âm, các công cụ toán học lập trình thông qua chương trình FieldII, nên chương trình trên là một chương trình tự động minh họa với những cấu hình đơn giản. Việc lập trình lại trên cơ sở lý thuyết như đã trình bày hoặc hiệu chỉnh lại các mô hình toán học thực sự không phải là vấn đề đơn giản. Cho nên bài thí nghiệm chỉ mở ra một hướng: sinh viên hoàn toàn có khả năng xây dựng một chương trình khác trên nền FieldII (tức là chấp nhận mô hình lý thuyết mà FieldII được xây dựng) cho những cấu hình phức hợp hơn trong nội dung một đề án thực tập hoặc nghiên cứu của sinh viên. Để làm được việc đó, tất nhiên người sử dụng phải nghiên cứu kỹ hơn về FieldII.

### c) Bài TN3: Mô phỏng sự tạo ảnh cắt lớp điện toán truyền qua (TCT)

Chẩn đoán hình ảnh bằng phương pháp cắt lớp điện toán (Computer Tomography) một trong những kỹ thuật hiện đại được sử dụng phổ biến trong y học và cả trong kỹ thuật công nghệ cao như kính hiển vi cắt lớp khảo sát các vi cấu trúc vật liệu chẳng hạn. Nguyên lý tái tạo ảnh cắt lớp là một ứng dụng hữu hiệu của lý thuyết toán học và thành tựu của công nghệ thông tin trên cơ sở sự hoàn thiện với tốc độ cao về tính năng của máy tính. Chính vì sự quan trọng của nguyên lý tái tạo ảnh cắt lớp ứng dụng trong nhiều kỹ thuật chẩn đoán hình ảnh y học (CT scanner, MRI, siêu âm cắt lớp và optical tomography trong thời gian gần đây), bài thí nghiệm này được xây dựng nhằm giúp sinh viên hiểu rõ hơn về bản chất của vấn đề, các công đoạn cụ thể của quá trình tái tạo ảnh cắt lớp và một số vấn đề phổ dụng trong xử lý ảnh y học. Với mục tiêu chung đó cũng như với thời gian và công cụ cho phép, bài thí nghiệm được thiết

kế chỉ cho *phương pháp cắt lớp điện toán truyền qua* nhằm đáp ứng các yêu cầu cụ thể sau:

- Hiểu rõ bản chất vật lý của phương pháp tạo ảnh cắt lớp.

- Tìm hiểu các thuật toán toán học trong phép mô phỏng tín hiệu các góc chiếu (sinogram) – qua phép biến đổi radon – và sự tái tạo ảnh lớp cắt – qua phép biến đổi ngược back projection; cũng như nguyên lý các bộ lọc dùng để xử lý ảnh.

- Thực hành cơ bản cách vận hành các lý thuyết trên trong bài toán mô phỏng sự tạo ảnh cắt lớp truyền qua bằng cách lập trình trong MATLAB với 2 cách: tự lập trình bằng lý thuyết (chương trình BP1) và sử dụng Image Processing Toolbox của MATLAB (chương trình BP2).

Chương trình BP2 (xem hình 7) thường cho kết quả tái tạo tốt hơn chương trình BP1 (xem hình 6) vì lệnh phép biến đổi ngược `iradon` đã được lập trình một cách tối ưu thông qua sự chọn bộ lọc (mặc định Ram-Lak) và phép nội suy (mặc định là linear). Tuy nhiên sinh viên khó lòng hiểu được phần chương trình cụ thể của 2 lệnh `radon` và `iradon` mà chỉ có thể áp dụng một cách máy móc. Cho nên chương trình BP1 tạo cơ hội cho sinh viên có thể tự lập trình thuật toán và thử nghiệm nhiều dạng bộ lọc khác mà lệnh `iradon` không cho phép.

### d) Bài TN4: Mô phỏng sự tạo ảnh của thiết bị chẩn đoán hình ảnh cộng hưởng từ (MRI)

Thiết bị chẩn đoán chẩn đoán hình ảnh cộng hưởng từ (MRI) là một trong những thiết bị hiện đại hiển thị hình ảnh với chất lượng thông tin giải phẫu và độ phân giải cao được sử dụng trong y tế hiện nay, mà nguyên lý tạo ảnh của nó dựa vào sự vận dụng đặc tính hấp thụ năng lượng của một hạt nhân nguyên tố nào đó – thường là hydro (khi được đặt trong năng lượng điện từ ứng với tần số dao động riêng của hạt nhân) và đặc tính bức xạ năng lượng sau khi đã hấp thụ. Bức xạ này chính là tín hiệu MRI. Cường độ tín hiệu phụ thuộc vào nồng độ của chất được phân bố, và đó cũng chính là yếu tố để hiển thị sự sáng tối của hình ảnh.

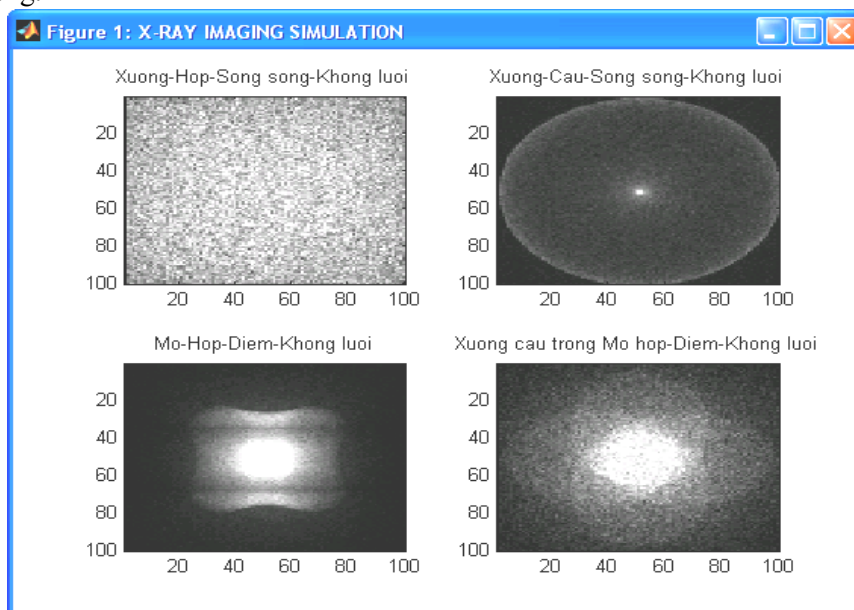
Vì thiết bị MRI là thiết bị công nghệ cao rất đắt tiền, sinh viên nói chung không có điều kiện tiếp cận thực hành trên thiết bị thực tế, đặc biệt tiếp cận với sự phức hợp của các chế độ tạo ảnh MRI khác nhau. Ý tưởng tạo một chương trình mô phỏng các tính chất và chức năng của một thiết bị MRI là thật sự cần thiết giúp cho sinh viên có

thể nắm vững hơn về đặc thù của ảnh MRI cũng như các nguyên tắc xử lý ảnh trên thiết bị MRI. Bài thí nghiệm này tạo điều kiện cho sinh viên có thể thực hành trên một chương trình có các yếu tố trên. Chương trình VNMRI (xem hình 8) được xây dựng dựa trên mã nguồn mở của chương trình Virtual MRT của T.Hacklander [4]. Chương trình có khả năng tính toán mô phỏng các quá trình tạo ảnh của thiết bị MRI thông qua các chế độ ứng với các chuỗi xung khác nhau (Spin echo, Gradient nghịch đảo...) và trên sự điều chỉnh các thông số của các loại chuỗi xung này để cho ra các hình ảnh mô phỏng tương ứng.

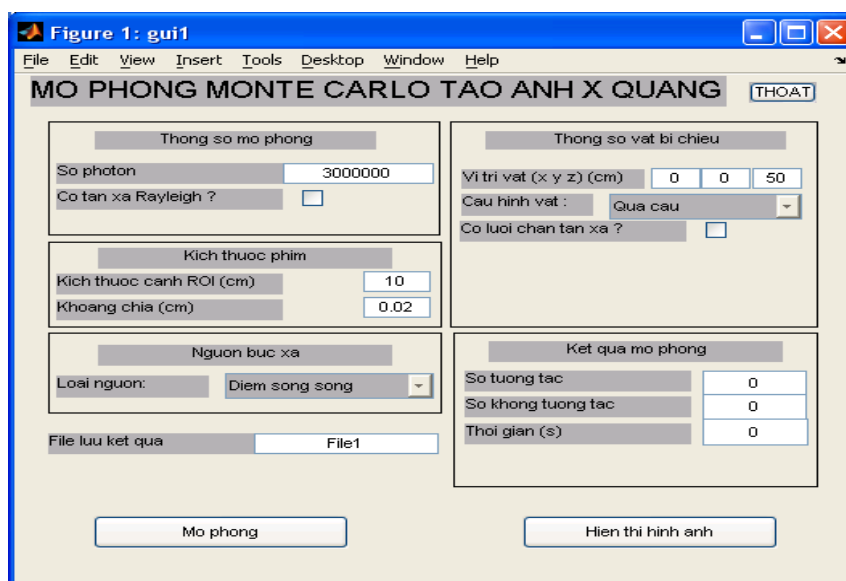
Trên tinh thần đó, bài thí nghiệm được thiết kế nhằm các yêu cầu cơ bản sau:

- Hiểu rõ đặc thù tạo ảnh MRI thông qua các chế độ chuỗi xung khác nhau đặc trưng.
- Thực hành xử lý ảnh trên chương trình mô phỏng sự tạo ảnh MRI.

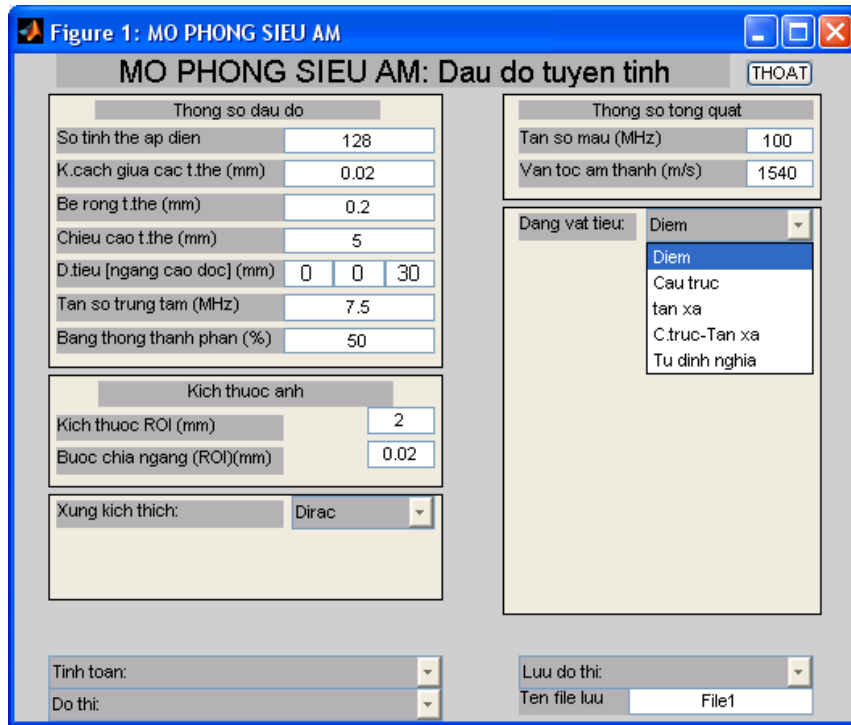
Chương trình VNMRI được viết hoàn toàn bằng Java nên nó chạy được trên máy tính Java ảo (Java virtual machine) hoặc trên nền JRE. Chương trình được Việt hóa từ chương trình gốc. Tuy nhiên nhiều thuật ngữ chưa được biên dịch hoàn chỉnh do thuật ngữ trong lĩnh vực còn mới.



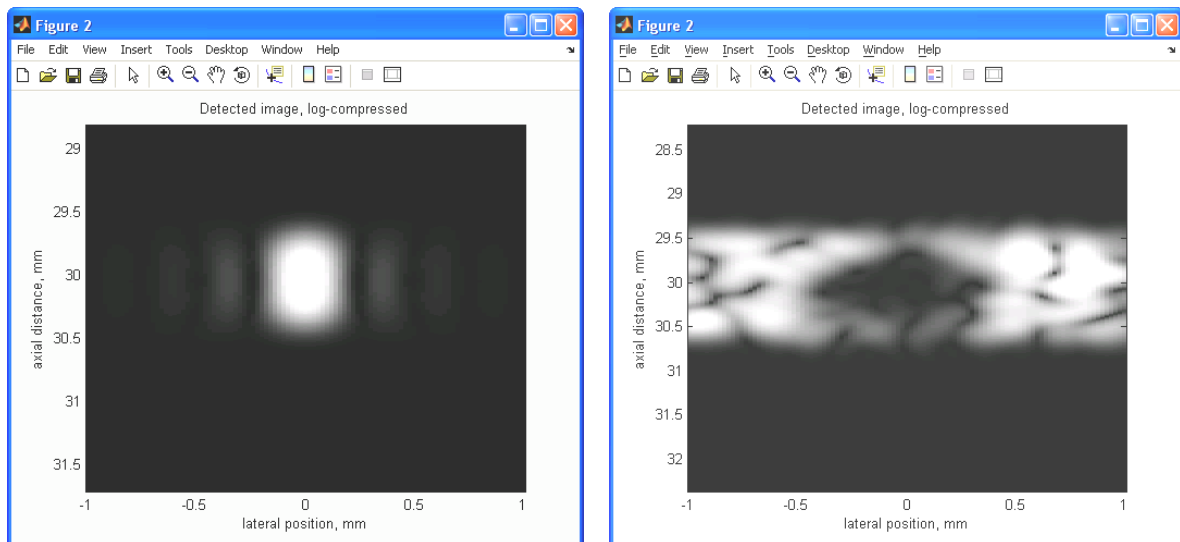
Hình 1: Kết quả mô phỏng bằng X quang



Hình 2: Giao diện chương trình mô phỏng X-quang

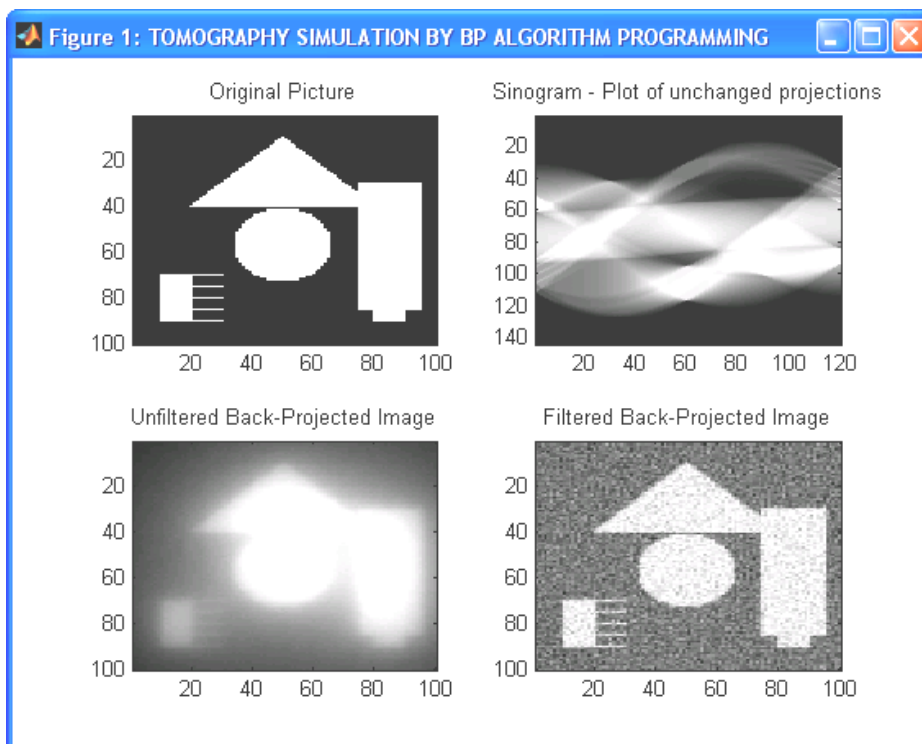


Hình 3: Giao diện chương trình mô phỏng siêu âm

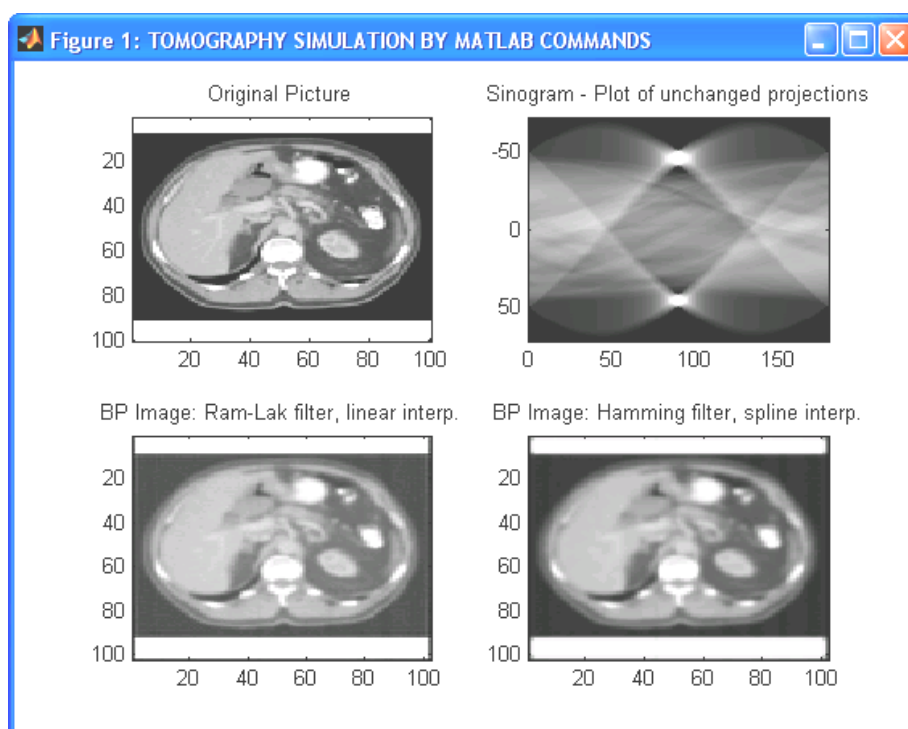


Hình 4 (trái): Ảnh siêu âm của vật tiêu điểm (xung kích thích Dirac)

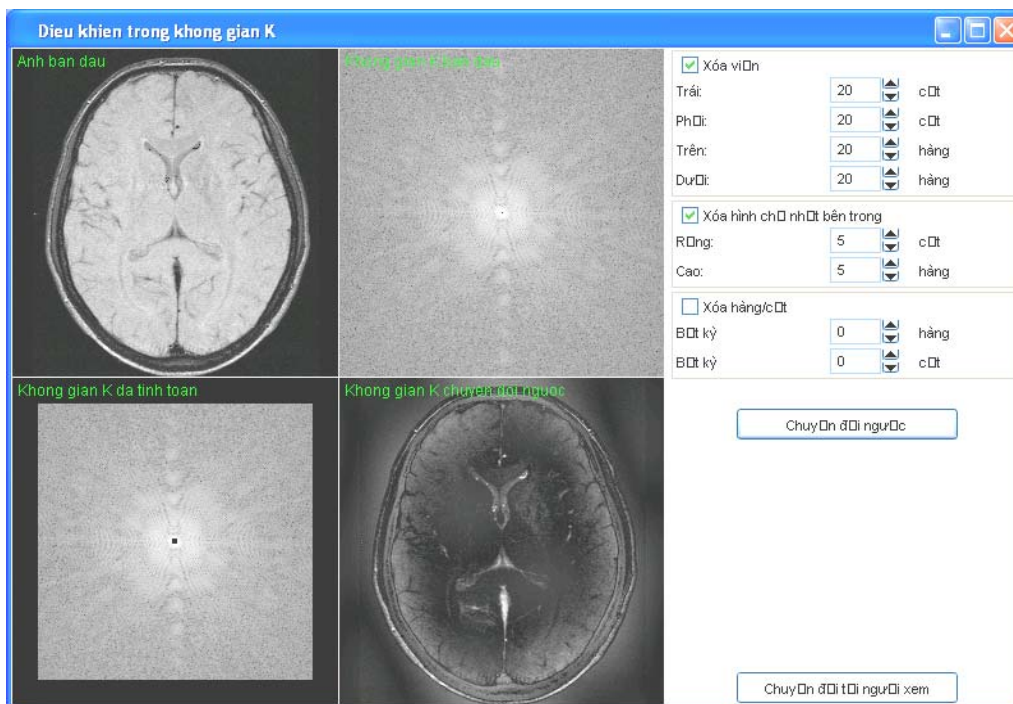
Hình 5 (phải): Ảnh siêu âm của vật tiêu tán xạ hình cầu đường kính 1mm với mật độ tán xạ 10 (mật độ tán xạ của môi trường ngoài là 1). Ảnh chỉ giới hạn vùng quan sát 1 mm trong mặt phẳng tiêu xung quanh vật. Nếu sử dụng hết vùng quan sát mặc định, thời gian tính sẽ rất lâu. Để minh họa, kết quả trên thu được sau thời gian tính hơn 10 phút trên máy P4-2.2Ghz, RAM 512MB.



Hình 6: Kết quả mô phỏng ảnh CT bằng chương trình PB1



Hình 7: Kết quả mô phỏng ảnh CT bằng chương trình PB2



Hình 8: Kết quả mô phỏng ảnh MRI bằng chương trình VNMRI

### 3. MỘT SỐ NHẬN ĐỊNH

- Về tính cần thiết: vì lý do trình bày ở trên, những bài thí nghiệm trên đây thực sự là cần thiết tạo điều kiện cho sinh viên hiểu rõ hơn về bản chất vật lý mà thiết bị sử dụng cũng như có thể thực hành một cách hiệu quả trong công đoạn xử lý ảnh, tăng khả năng hiểu và đọc các ảnh chẩn đoán y khoa. Tuy nhiên, các bài thí nghiệm này chỉ có tính chất bổ sung chứ không thay thế được cho việc sinh viên kiến tập và thực hành trên các thiết bị thực tế.

- Về nội dung: các bài thí nghiệm đã có cố gắng thu thập những mảng kiến thức hiện đại và cập nhật trong lĩnh vực, khai thác tài nguyên thông tin trên Internet để cung cấp cho sinh viên một công cụ thực hành khá đa năng. Tính đa năng ở đây được nhấn mạnh trong việc khai thác nhiều nhất các cách tiếp cận kiến thức bằng máy tính cho phép trong thời đại tin học hiện nay: đó là một ít về kỹ năng lập trình, sử dụng và khai thác thông tin trên Internet và kiến thức tối thiểu về ngoại ngữ (tiếng Anh) để làm chủ các thông tin thu nhận được. Cũng cần nhấn mạnh, việc nắm vững sử dụng chương trình Matlab là một điều kiện cần đối với một sinh viên kỹ thuật hiện nay vì sự phong phú của các thư viện ngày càng mở rộng đối với chương trình này.

- Về khối lượng và độ khó: yêu cầu tối thiểu đối với sinh viên để làm các bài thí nghiệm này là phải có kiến thức lập trình tối thiểu về C, Matlab. Cho nên cần thiết phải có những buổi chuẩn bị cho sinh viên trước về kiến thức cơ bản về lập trình C, Matlab nếu sinh viên chưa được trang bị ở những môn học khác như Tin học đại cương chẳng hạn. Các bài thí nghiệm được xây dựng trên tinh thần phải nắm vững trước nội dung lý thuyết bằng các đọc trước ở nhà trước khi vào buổi thực hành quy định (thường là 3 giờ đồng hồ cho một buổi thực hành thí nghiệm). Trong giờ thực hành chủ yếu sinh viên luyện tập các thao tác cơ bản theo sự hướng dẫn của giáo viên. Phần hoàn thành kết quả báo cáo sẽ thực hiện ở nhà và nộp lại theo thời hạn quy định. Độ khó của các bài thí nghiệm đòi hỏi phải làm việc nhóm (2 – 3 sinh viên, trong đó phải có người có khả năng lập trình), và phải có sự phân công hiệu quả mới có thể hoàn thành có chất lượng các yêu cầu của bài thí nghiệm.

- Về tính hiệu quả: qua một số thử nghiệm ban đầu, các sinh viên tỏ ra hứng thú và tích cực tìm hiểu khi tiếp xúc với các dạng bài thí nghiệm mô phỏng như đã trình bày. Tuy nhiên do vấn đề thời gian, các bài thí nghiệm này chưa được thực hiện thử nghiệm một cách đầy đủ (cho một nhóm sinh viên với trình độ khác nhau thực

hành và đánh giá cụ thể) nên chưa thể đánh giá được tính hiệu dụng của các bài thí nghiệm. Điều đó sẽ được thực hiện trong thời gian gần để có sự đánh giá chỉnh sửa hoàn chỉnh trước khi đưa vào vận hành trong môn học thí nghiệm Kỹ thuật Y sinh của chuyên ngành Vật lý kỹ thuật y sinh.

#### **4. KẾT LUẬN**

Việc thiết kế các bài thí nghiệm mô phỏng được đặt ra với 2 nhiệm vụ:

- Xây dựng và phát triển các phần mềm riêng
- Tìm các chương trình mã nguồn mở, cải tiến, việt hoá

phục vụ cho đào tạo và nghiên cứu trong lĩnh vực ở trường Đại học Bách khoa TP.HCM.

Các bài thí nghiệm trên được thiết kế nhằm giúp sinh viên nắm vững một cách có hệ thống các cơ sở vật lý nguyên lý hoạt động các thiết bị, thực hành và phân tích các yếu tố cơ bản của quá trình xử lý ảnh. Chương trình được phân phối với mã nguồn mở giúp cho sinh viên có thể tự phát triển những đồ án riêng và kích thích ý tưởng sáng tạo trong lập trình mô phỏng. Các hướng dẫn trực quan và các câu hỏi nhiệm vụ cụ thể của mỗi bài thí nghiệm giúp cho sinh viên có thể nắm vững các kiến thức đã học và nâng cao hoàn thiện khả năng thực hành trong môn học.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. J.A. Jensen. "A model for the propagation and scattering of ultrasound in tissue", J. Acoust. Soc. Am. 89(1), 1991.
2. J.A. Jensen. "Linear description of ultrasound imaging systems", Notes for the International Summer School on Advanced Ultrasound Imaging, Technical University of Denmark, 1999.
3. J.A. Jensen. "Users' guide for the Field II program. Release 2.88.", Technical University of Denmark, 2001.
4. T.Hacklander. "Virtual MRI V3.1", [http://www.iftm.de/elearning/vmri/idx\\_vmri.htm](http://www.iftm.de/elearning/vmri/idx_vmri.htm), 2002.