

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

Nguyễn Việt Dũng

**NGHIÊN CỨU, PHÁT TRIỂN GIẢI PHÁP HỖ TRỢ
PHÁT HIỆN CÁC DẤU HIỆU TỒN THƯƠNG HÌNH KHỐI
TRÊN ẢNH CHỤP X-QUANG VÚ**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Hà Nội - 2015

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

Nguyễn Việt Dũng

**NGHIÊN CỨU, PHÁT TRIỂN GIẢI PHÁP HỖ TRỢ
PHÁT HIỆN CÁC DẤU HIỆU TỒN THƯƠNG HÌNH KHỐI
TRÊN ẢNH CHỤP X-QUANG VÚ**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Điện tử
Mã số: 62520203

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

- 1. GS. TS. NGUYỄN ĐỨC THUẬN**
- 2. PGS. TS. NGUYỄN TIẾN DŨNG**

Hà Nội - 2015

Lời cam đoan

Tác giả xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu riêng của tác giả, không sao chép của bất kỳ người nào. Các số liệu kết quả nêu trong luận án là hoàn toàn trung thực và chưa từng được công bố bởi bất kỳ ai.

Tác giả

NCS. Nguyễn Việt Dũng

Lời cảm ơn

Tôi xin chân thành cảm ơn GS.TS Nguyễn Đức Thuận và PGS.TS. Nguyễn Tiến Dũng, những người đã nhiệt tình hướng dẫn và giúp đỡ tôi rất nhiều trong quá trình nghiên cứu và hoàn thành Luận án.

Tôi cũng xin chân thành cảm ơn Viện Đào tạo Sau Đại học, Viện Điện tử -Viễn thông, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã tạo điều kiện thuận lợi để tôi hoàn thành nhiệm vụ nghiên cứu của mình.

Tôi cũng bày tỏ lòng biết ơn đến Gia đình tôi, vợ và con tôi, các anh chị em, đồng nghiệp và bạn bè những người đã ủng hộ và động viên giúp đỡ tôi trong thời gian làm Luận án.

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ	
DANH MỤC CÁC BẢNG	
CÁC TỪ VIẾT TẮT	
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. GIẢI PHẪU VÀ BỆNH LÝ UNG THƯ VÚ, CHỤP ẢNH X-QUANG VÚ VÀ GIẢI PHÁP HỖ TRỢ PHÁT HIỆN CÁC DẤU HIỆU TỔN THƯƠNG HÌNH KHỐI TRÊN ẢNH CHỤP X-QUANG VÚ	5
1.1. Giải phẫu và sinh lý vú	5
1.2. Bệnh lý ung thư vú	8
1.2.1. Phân loại ung thư vú	9
1.2.2. Các giai đoạn ung thư vú	12
1.2.3. Các phương pháp chẩn đoán ung thư vú	14
1.2.4. Các phương pháp điều trị bệnh ung thư vú	16
1.3. Chụp ảnh X-quang vú	17
1.3.1. Chụp ảnh X-quang vú sàng lọc	17
1.3.2. Chụp ảnh X-quang vú chẩn đoán	18
1.3.3. Trình tự thăm khám chụp ảnh X-quang vú	19
1.3.4. Các dấu hiệu tổn thương ung thư vú trên ảnh chụp X-quang vú.....	22
1.3.5. Chụp ảnh X-quang vú kỹ thuật số	24
1.4. Giải pháp hỗ trợ phát hiện các dấu hiệu tổn thương hình khối trên ảnh chụp X-quang vú	25
1.5. Cơ sở dữ liệu ảnh	27
1.6. Kết luận	29
CHƯƠNG 2. TIỀN XỬ LÝ, TĂNG CƯỜNG CHẤT LƯỢNG ẢNH CHỤP X-QUANG VÚ	30
2.1. Đặt vấn đề	30
2.2. Tách vùng ảnh vú	31
2.3. Tách phần cơ ngực ra khỏi vùng ảnh vú	35
2.4. Tăng cường chất lượng ảnh	39
2.4.1. Tăng cường chất lượng ảnh kết hợp lọc trung bình với cân bằng mức xám đồ	42
2.4.2. Tăng cường chất lượng ảnh bằng biến đổi hình thái	45
2.5. Kết luận	48
CHƯƠNG 3. PHÁT HIỆN CÁC VÙNG NGHI NGỜ CHỨA TỔN THƯƠNG HÌNH KHỐI THEO PHƯƠNG PHÁP TÌM KIẾM ĐƯỜNG BIÊN	49
3.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu trên thế giới hiện nay	49

3.1.1. Đánh giá hiệu quả phát hiện vùng nghi ngờ.....	49
3.1.2. Một số phương pháp phát hiện vùng nghi ngờ chứa tổn thương hình khối được đề xuất gần đây trên thế giới.	51
3.2. Phát hiện vùng nghi ngờ tổn thương hình khối trên ảnh chụp X-quang vú.....	57
3.2.1. Phương pháp đối sánh mẫu	57
3.2.2. Phương pháp tìm kiếm đường biên	59
3.3. Đánh giá hiệu quả phát hiện vùng nghi ngờ chứa tổn thương hình khối	62
3.3.1. Hiệu quả phát hiện vùng nghi ngờ của phương pháp đối sánh mẫu	62
3.3.2. Hiệu quả phát hiện vùng nghi ngờ của phương pháp tìm kiếm đường biên	64
3.4. Kết luận	67
CHƯƠNG 4. GIẢM LƯỢNG DƯƠNG TÍNH GIẢ SỬ DỤNG MÁY VECTƠ HỖ TRỢ SVM VÀ CÁC ĐẶC TRƯNG ĐA MỨC	68
4.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu hiện nay	68
4.1.1. Các tiêu chí đánh giá hiệu quả phân loại	68
4.1.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu gần đây trên thế giới.....	71
4.2. Trích chọn đặc trưng của vùng nghi ngờ	81
4.2.1. Các đặc trưng thống kê bậc nhất FOS	81
4.2.2. Các đặc trưng dựa trên ma trận đồng xuất hiện mức xám GLCM	81
4.2.3. Các đặc trưng sai khác xác suất ngược khối BDIP	84
4.2.4. Các đặc trưng biến thiên hệ số tương quan cục bộ khối BVLC	84
4.3. Mạng nơron NN và máy vectơ hỗ trợ SVM	85
4.3.1. Mạng nơron NN.....	86
4.3.2. Máy vectơ hỗ trợ SVM.....	90
4.4. Phân loại vùng nghi ngờ tổn thương hình khối	93
4.4.1. Tính toán các đặc trưng	93
4.4.2. Huấn luyện mạng NN và máy vectơ hỗ trợ SVM	98
4.4.3. Kết quả phân loại đạt được	99
4.5. Kết luận	107
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	108
TÀI LIỆU THAM KHẢO	109
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ	117
PHỤ LỤC	118

DANH SÁCH CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1. (a) Ảnh mặt cắt bên của vú. A: ống dẫn sữa, B: thùy, C: tuyến tiết sữa, D: núm vú, E: mô mỡ, F: cơ ngực chính, G: thành ngực, AA: tế bào biểu mô, BB: màng chính, CC: ống dẫn sữa. (b) A: cơ ngực chính, B: hạch nách mức I, C: hạch nách mức II, D: hạch nách mức III, E: hạch trên đòn, F: hạch vú trong (nguồn [49]).	6
Hình 1.2. Phần cuối ống tiêu thùy TDLU (nguồn [77]).	7
Hình 1.3 Tỷ lệ ung thư vú xâm lấn xuất hiện tại các vùng vú khác nhau (nguồn [88]).	10
Hình 1.4. Ung thư biểu mô ống. (a) các giai đoạn phát triển từ thành ung thư biểu mô ống xâm lấn (i) tế bào bình thường, (ii) tế bào tăng sản lành tính, (iii) tế bào tăng sản không điển hình, (iv) ung thư biểu mô ống không xâm lấn, (v) ung thư biểu mô ống xâm lấn ít, (vi) ung thư biểu mô ống xâm lấn. (b) A: ống sữa, B: tiểu thùy, C: xoang tiết sữa, D: núm vú, E: mô mỡ, F: cơ ngực chính, G: thành ngực, A1: tế bào bình thường, B1: tế bào ung thư phá vỡ màng ống, C1: màng ống (nguồn [49]).	10
Hình 1.5. Ung thư biểu mô tiểu thùy. (a) không xâm lấn và (b) xâm lấn. A: ống sữa, B: Acinar, C: xoang tiết sữa, D: núm vú, E: mô mỡ, F: cơ ngực chính, G: thành ngực, A1: tế bào tiểu thùy bình thường, B1: tế bào tiểu thùy ung thư, C1: màng tiểu thùy, B2: tế bào ung thư phá vỡ màng tiểu thùy (nguồn [49]).	11
Hình 1.6. Tế bào ung thư xâm lấn vào các mạch máu và mạch bạch huyết. AA: mạch máu, BB: mạch bạch huyết, A: tế bào bình thường, B: tế bào ung thư, C: màng, D: mạch bạch huyết, E: mạch máu, F: mô vú (nguồn [49]).	12
Hình 1.7. Các hướng chụp ảnh X-quang vú. (a): hướng chụp phổ biến nhất, trên xuống CC và chéo xiên MLO. (b): chụp vuông góc từ biên vào giữa 90LAT-LM. (c): chụp vuông góc từ giữa ra biên 90LAT-ML (nguồn [55]).	19
Hình 1.8. (trái): chụp ảnh X-quang vú phát hiện khối u và vi vôi hóa. (giữa): dụng cụ đặc biệt cho kỹ thuật vùng áp lực. (phải): dụng cụ đặc biệt cho kỹ thuật phóng đại	20
Hình 1.9. (a) Sơ đồ cấu trúc của máy chụp ảnh X-quang vú, (b) Đặt bệnh nhân. Sử dụng máy chụp X-quang vú MAMMOMAT Novation S của Siemens theo các hướng (c) CC và (d) MLO.	20
Hình 1.10. Từ trái sang phải, ảnh chụp X-quang vú hướng MLO được phân loại là mô mỡ, mô tuyến và mô tuyến dày đặc.	21
Hình 1.11. Các hình dạng, đường biên, mật độ khác nhau của tổn thương hình khối (nguồn [21]).	22
Hình 1.12. Tổn thương hình khối lành tính (trái) và ác tính (phải).	23
Hình 1.13. Tổn thương vi vôi hóa lành tính (trái) và ác tính (phải).	23
Hình 1.14. Cấu trúc giải pháp hỗ trợ phát hiện các dấu hiệu tổn thương hình khối trên ảnh chụp X-quang vú.	27
Hình 1.15. Các thông số đi kèm mỗi ảnh trong cơ sở dữ liệu mini-MIAS [47].	28
Hình 2.1. Các thành phần chính trên ảnh chụp X-quang vú số hóa từ cơ sở dữ liệu	

mini-MIAS [47].	30
Hình 2.2. Mức xám đồ của ảnh mdb 132.	32
Hình 2.3. Ảnh chụp X-quang vú ban đầu (trái) và ảnh vùng vú (phải). (a) Ảnh mdb115. (b) Ảnh mdb274. (c) Ảnh mdb283.	33
Hình 2.4. So sánh hiệu quả tách vùng ảnh vú của phương pháp được sử dụng với phương pháp của Masek [67] và Telebour [9]. Hàng trên cùng: ảnh mdb209, ảnh mô tuyến. Hàng giữa: ảnh mdb163, ảnh mô tuyến dày đặc. Hàng cuối: ảnh mdb205, ảnh mô mỡ.	34
Hình 2.5. Kết quả tách phần cơ ngực khỏi phần mô vú dùng đa mức ngưỡng tối thiểu entropy chéo của Masek [67]. Trên: ảnh mdb209, ảnh mô tuyến. Dưới: ảnh mdb163, ảnh mô tuyến dày đặc.	37
Hình 2.6. Nguyên lý thực hiện phương pháp tách phần cơ ngực khỏi vùng ảnh vú được sử dụng.	37
Hình 2.7. Minh họa 4 ảnh phân ngưỡng tương ứng thu được	38
Hình 2.8. Kết quả tách phần cơ ngực của phương pháp được sử dụng.....	38
Hình 2.9. Kết quả tách phần cơ ngực của phương pháp được sử dụng. Trên: ảnh mdb274, nhân ảnh chòm vào vùng ảnh vú. Dưới: ảnh mdb283, lỗi số hóa chòm vào vùng ảnh vú.....	39
Hình 2.10. So sánh phương pháp tách phần cơ ngực khỏi vùng ảnh vú được sử dụng với phương pháp của Masek [67] trên các ảnh chụp X-quang vú khác nhau từ cơ sở dữ liệu mini-MIAS [47]. Hàng trên cùng: ảnh mdb209, ảnh mô tuyến. Hàng giữa: ảnh mdb163, ảnh mô tuyến dày đặc. Hàng cuối: ảnh mdb205, ảnh mô mỡ.	40
Hình 2.11. Bốn nhóm kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh chụp X-quang vú.	41
Hình 2.12. Mặt nạ lọc làm trơn kích thước 3x3.	42
Hình 2.13. Ảnh có độ tương phản thấp và cao cùng mức xám đồ tương ứng của chúng (nguồn [86]).	43
Hình 2.14. Hiệu quả tăng cường chất lượng ảnh khi kết hợp lọc trung bình và cân bằng mức xám đồ. Trên: ảnh mdb209, ảnh mô tuyến. Giữa: ảnh mdb163, ảnh mô tuyến dày đặc. Cuối: ảnh mdb205, ảnh mô mỡ.	44
Hình 2.15. Một số dạng phân tử cấu trúc (trái). Chuyển sang dạng chữ nhật (phải)	45
Hình 2.16. Nguyên lý tăng cường chất lượng ảnh bằng biến đổi hình thái.	46
Hình 2.17. Tăng cường chất lượng ảnh sử dụng biến đổi hình thái. Trên: ảnh mdb209, ảnh mô tuyến. Giữa: ảnh mdb163, ảnh mô tuyến dày đặc. Cuối: ảnh mdb205, ảnh mô mỡ.	47
Hình 3.1. Ví dụ mô tả sự chồng lấn giữa vùng tổn thương thật (đường tròn trắng) và vùng nghi ngờ được phát hiện ra (đường tròn đen). Hình tròn trắng là vùng tổn thương chuẩn (ground-truth) cung cấp bởi cơ sở dữ liệu sử dụng còn đường cong trắng là vùng chuẩn do bác sỹ xác định. (nguồn [64]).	51
Hình 3.2. Vùng lân cận lớn và nhỏ để tính mức ngưỡng thích nghi (nguồn [37]).	52
Hình 3.3. Lân cận 5x5 để xác định góc hướng của vector gradien.	55
Hình 3.4. Quá trình phân vùng của Zhang [106]. Từ trái sang phải: ảnh đường biên; các vùng nghi ngờ có thể và vùng trung tâm (viền đỏ); vùng nghi ngờ khối u;	

đường bao của khối u được tách ra (viền xanh).....	56
Hình 3.5. Lưu đồ thuật toán phát hiện vùng nghi ngờ tổn thương khối dùng thuật toán đối sánh mẫu.....	58
Hình 3.6. Hai mẫu có độ tương phản khác nhau.....	59
Hình 3.7. Từ trái sang phải: mức ngưỡng $T=0.7, 0.65$ và 0.6 . Số vùng nghi ngờ phát hiện ra lần lượt là $N=2, N=6, N=15$	59
Hình 3.8. Trái: vùng nghi ngờ ban đầu. Giữa: vùng đang được phát triển. Phải: vùng cuối cùng thu được.....	59
Hình 3.9. Một vùng tổn thương hình khối và mức xám đồ của nó (nguồn [86]).	61
Hình 3.10. Lưu đồ thuật toán phương pháp phát hiện vùng nghi ngờ dựa vào tìm kiếm đường biên được đề xuất.....	61
Hình 3.11. Một số ví dụ minh họa kết quả của thuật toán đề xuất.....	62
Hình 3.12. Kết quả thực hiện với ảnh thuộc thư mục SPIC.....	63
Hình 3.13. Kết quả thực hiện với ảnh thuộc thư mục SPIC.....	63
Hình 3.14. Kết quả thực hiện với ảnh thuộc thư mục CIRC.....	63
Hình 3.15. Các vùng nghi ngờ phát hiện được (đường bao màu đỏ). Vùng tổn thương thực (đường bao màu xanh).....	65
Hình 3.16. Các vùng nghi ngờ phát hiện được (đường bao màu đỏ). Vùng tổn thương thực (đường bao màu xanh) (tiếp).....	66
Hình 4.1. Cách tính các cặp giá trị (TPF, FPF) khác nhau để xây dựng đường cong ROC....	70
Hình 4.2. Ví dụ minh họa đường cong ROC.....	70
Hình 4.3. Cách xây dựng ma trận GLCM.....	82
Hình 4.4. Ảnh gốc (a) và ảnh BDIP (b).....	84
Hình 4.5. Vùng $R(x,y)$ ban đầu (hình vuông nét liền) và vùng $R(x,y)$ bị dịch (hình vuông nét đứt).....	85
Hình 4.6. Ảnh BVLC của các ảnh gốc ở hình 4.4(a).....	85
Hình 4.7. Mạng nơron tự nhiên.....	86
Hình 4.8. Mô hình tính toán của nơron nhân tạo.....	86
Hình 4.9. Mạng MLP tổng quát.....	88
Hình 4.10. Mạng MLP 2 lớp.....	89
Hình 4.11. Các siêu mặt phân loại dữ liệu.....	90
Hình 4.12. Siêu mặt phẳng có biên lớn nhất của SVM.....	91
Hình 4.13. Ánh xạ từ miền R^n sang miền R^d	92
Hình 4.14. Vùng nghi ngờ được phát hiện ra (màu đỏ). Mô tả vùng nghi ngờ bằng hình chữ nhật nhỏ nhất bao trùm nó (màu đen).....	93
Hình 4.15. Cách tính bộ đặc trưng GLCM13.....	94
Hình 4.16. Cách tính bộ đặc trưng GLCM12.....	95
Hình 4.17. Chia hình chữ nhật bao quanh vùng nghi ngờ thành các khối nhỏ để tính đặc	

trung BDIP (trái) và BVLC (phải).	95
Hình 4.18. Các đường cong ROC thu được khi dùng mạng NN để phân loại các vùng nghi ngờ.....	100
Hình 4.19. Đường cong ROC tương ứng với các đặc trưng BDIP ($i=6$).....	102
Hình 4.20. Hiệu quả của đặc trưng BDIP so với bộ đặc trưng FOS và GLCM13.	103
Hình 4.21. Phân bố của cặp đặc trưng (BVLC _{kxk} mean, BVLC _{kxk} var).	103
Hình 4.22. Giá trị A_z thu được khi sử dụng 2 nhóm đặc trưng BVLC Mean và BVLC Var.	104
Hình 4.23. Đường cong ROC thu được khi so sánh nhóm đặc trưng BVLC Var cùng BVLC _{2x2} mean với các bộ đặc trưng FOS, GLCM13 và BDIP đa mức.	106