

NGHIÊN CỨU GIÁ TRỊ CÁC MÔ HÌNH HỌC MÁY TRONG CHẨN ĐOÁN
XƠ HÓA GAN ĐÁNG KỂ TRÊN CƠ SỞ DỮ LIỆU SIÊU ÂM 2D
VÀ XÉT NGHIỆM SINH HÓA GAN

Lê Duy Chí^{1}, Nguyễn Anh Khoa², Nguyễn Minh Hải¹, Nguyễn Thị Hoàng Oanh¹
Phạm Thị Diệu Hương¹, Hoàng Đình Khánh¹ Nguyễn Vũ Thắng¹
Nguyễn Thị Vân Anh³, Phạm Văn Việt⁴, Hoàng Đình Anh¹*

Tóm tắt

Mục tiêu: Đánh giá giá trị của mô hình học máy trong chẩn đoán xơ hóa gan đáng kể ($\geq F2$) trên cơ sở dữ liệu siêu âm thường quy và xét nghiệm sinh hóa gan. **Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu mô tả cắt ngang trên 138 bệnh nhân (BN) có bệnh lý gan (viêm gan virus B, C, bệnh gan liên quan đến rượu, gan nhiễm mỡ không do rượu) từ tháng 01 - 12/2020. BN được đánh giá bằng xét nghiệm sinh hóa (AST, ALT, GGT), siêu âm 2D và Fibroscan để phân loại mức độ xơ hóa gan (F0 - F1 và F2 - F4). Ba mô hình học máy (cây quyết định, rừng ngẫu nhiên, tăng cường độ dốc) được xây dựng để phân loại $\geq F2$, sử dụng dữ liệu xét nghiệm máu và siêu âm 2D, với 80% dữ liệu để huấn luyện và 20% để kiểm tra. **Kết quả:** Hiệu suất chẩn đoán của mô hình học máy trên tập huấn luyện: Cây quyết định, rừng ngẫu nhiên và tăng cường độ dốc có giá trị AUC lần lượt là 0,85; 0,93 và 0,96. Trên tập kiểm tra, giá trị AUC lần lượt là 0,84; 0,88 và 0,89. **Kết luận:** Các mô hình học máy cho thấy hiệu suất cao trong chẩn đoán xơ hóa gan đáng kể, hỗ trợ bác sĩ đánh giá không xâm lấn mức độ xơ hóa gan ở BN có bệnh lý gan.

Từ khóa: Xơ hóa gan; Mô hình học máy; Fibroscan.

¹Khoa Siêu âm, Bộ môn - Trung tâm Chẩn đoán hình ảnh, Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y

²Khoa Trí tuệ Nhân tạo, Trường Đại học Chang Gung, Đài Loan

³Khoa X-quang Chẩn đoán, Bộ môn - Trung tâm Chẩn đoán hình ảnh, Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y

⁴Khoa X-Quang Can thiệp, Bộ môn - Trung tâm Chẩn đoán hình ảnh, Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y

*Tác giả liên hệ: Lê Duy Chí (duychi346@gmail.com)

Ngày nhận bài: 18/6/2025

Ngày được chấp nhận đăng: 15/8/2025

<http://doi.org/10.56535/jmpm.v50si4.1404>

RESEARCH ON THE VALUE OF MACHINE LEARNING MODELS IN DIAGNOSING SIGNIFICANT LIVER FIBROSIS BASED ON 2D ULTRASOUND AND LIVER BIOCHEMICAL TEST DATA

Objectives: To evaluate the value of machine learning models in diagnosing significant liver fibrosis ($\geq F2$) based on routine ultrasound and liver biochemical data. **Methods:** A cross-sectional descriptive study was conducted on 138 patients with liver disease (hepatitis B, hepatitis C, alcohol-related liver disease, and nonalcoholic fatty liver disease) from January to December 2020. Patients were assessed using biochemical tests (AST, ALT, GGT), 2D ultrasound, and Fibroscan to classify liver fibrosis severity (F0 - F1 vs. F2 - F4). Three machine learning models (decision tree, random forest, and gradient boosting) were developed to classify $\geq F2$ fibrosis using blood test and 2D ultrasound data, with 80% of the data for training and 20% for testing. **Results:** In the training dataset, the diagnostic performance of the machine learning models yielded area under the curve (AUC) values of 0.85, 0.93, and 0.96 for decision tree, random forest, and gradient boosting, respectively. In the testing dataset, AUC values were 0.84, 0.88, and 0.89, respectively. **Conclusion:** Machine learning models demonstrated high diagnostic performance for significant liver fibrosis, supporting physicians in non-invasively assessing the degree of liver fibrosis in patients with liver disease.

Keywords: Liver fibrosis; Machine learning; Fibroscan.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Viêm gan mạn tính là các tổn thương viêm, hoại tử nhu mô kéo dài và tổ chức cơ bản của gan kéo dài trên 6 tháng, có hoặc không có xơ hóa kèm theo, không đảo lộn cấu trúc tiểu thùy gan [1]. Tùy thuộc vào mức độ tổn thương, viêm gan mạn tính có thể ổn định trong trường hợp nhẹ, hoặc tiến triển nặng hơn khi viêm lan tỏa và hoại tử kéo dài, dẫn đến hình thành xơ gan và thậm chí là ung thư biểu mô tế bào gan. Do vậy, việc đánh giá mức độ xơ hóa gan đóng vai trò quan trọng trong quản lý bệnh lý gan

mạn tính, giúp định hướng điều trị và tiên lượng bệnh.

Sinh thiết gan là tiêu chuẩn vàng để đánh giá xơ hóa, nhưng đây là phương pháp xâm lấn, có nguy cơ biến chứng, chi phí cao và lỗi lấy mẫu [2]. Hiện nay, trong thực hành lâm sàng, Fibroscan là kỹ thuật siêu âm được sử dụng để đánh giá xơ hóa gan. Tuy nhiên, phương pháp này chủ yếu được trang bị tại các cơ sở y tế tuyến trung ương hoặc tuyến cuối, dẫn đến hạn chế trong khả năng tiếp cận rộng rãi, đặc biệt tại các cơ sở y tế tuyến dưới. Ngoài ra, một số chỉ số đánh giá

xơ hóa không xâm lấn như APRI, FIB-4, Forn cũng được sử dụng nhưng giá trị dự báo và độ chính xác còn hạn chế [3].

Ngày nay, trí tuệ nhân tạo, đặc biệt là học máy, được ứng dụng hiệu quả trong chẩn đoán y khoa [4]. Các mô hình học máy, như rừng ngẫu nhiên, đã được sử dụng để đánh giá xơ hóa gan dựa trên dữ liệu lâm sàng và xét nghiệm [5]. Tuy nhiên, tại Việt Nam, nghiên cứu ứng dụng học máy trong chẩn đoán xơ hóa gan còn hạn chế. Nghiên cứu được tiến hành nhằm: *Đánh giá hiệu quả của mô hình học máy kết hợp chỉ số sinh hóa gan thường quy và đặc điểm siêu âm 2D trong chẩn đoán xơ hóa gan đáng kể.*

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

Gồm 138 BN có bệnh lý liên quan đến gan, đến khám tại Khoa Siêu âm, Bệnh viện Quân y 103, được thu thập từ tháng 01 - 12/2020.

* *Tiêu chuẩn lựa chọn*: BN được chẩn đoán viêm gan virus B: HBsAg(+) > 6 tháng [6], viêm gan virus C: Anti-HCV(+) > 6 tháng và HCV-RNA(+) [7], bệnh gan liên quan đến rượu: Uống nhiều rượu đáng kể, uống > 210 g/tuần ở nam giới và > 140 g/tuần ở nữ giới trên 2 năm, GGT tăng cao, AST tăng, với GGT > AST > ALT. Loại trừ các nguyên nhân khác gây tăng men gan như HBV, HCV, thuốc, tự miễn,.. [8],

NAFLD: BN được chẩn đoán gan nhiễm mỡ trên siêu âm ổ bụng, loại trừ cả nguyên nhân thứ phát và lượng rượu tiêu thụ hàng ngày $\geq 30g$ đối với nam giới và 20g đối với nữ giới (Hiệp hội Nghiên cứu Bệnh Gan châu Âu, năm 2016).

* *Tiêu chuẩn loại trừ*: BN có enzyme gan cao vượt quá 5 lần giá trị bình thường; đồng nhiễm viêm gan virus (HBV và HCV) hoặc các bệnh lý gan chùng lãn (viêm gan tự miễn, bệnh Wilson, hemochromatosis); BN không phối hợp được nhịp thở khi làm kỹ thuật; BN có cổ trướng, suy giảm chức năng hô hấp hoặc không phối hợp được nhịp thở trong quá trình thực hiện Fibroscan, vì điều này có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo; BN từ chối tham gia nghiên cứu hoặc không cung cấp đầy đủ dữ liệu.

2. Phương pháp nghiên cứu

* *Thiết kế nghiên cứu*: Nghiên cứu mô tả cắt ngang.

* *Cỡ mẫu và chọn mẫu*: Công thức tính cỡ mẫu:

Để ước lượng cỡ mẫu cho AUC, công thức sau đây được sử dụng:

$$n = \frac{Z^2 * V(AUC)}{W^2}$$

Trong đó, $Z = 1,96$ (95%CI), $V(AUC)$ là phương sai của AUC và

$W = 0,10$ (độ rộng khoảng tin cậy $\pm 0,05$). Dựa trên nghiên cứu của Feng và CS [5], giá trị AUC là 0,76 - 0,89 và tỷ lệ giữa nhóm xơ hóa đáng kể (F2 - F4) và không đáng kể (F0 - F1) là 0,84 (63/75). Kết quả tính toán cho thấy cần ít nhất 85 BN. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thu thập 138 BN (75 F0 - F1 và 63 F2 - F4), đảm bảo cỡ mẫu đủ lớn để đạt độ tin cậy và độ chính xác mong muốn. Mẫu được chọn thuận tiện dựa trên tiêu chuẩn lựa chọn và loại trừ.

* *Chỉ số sinh hóa máu*: AST, ALT tăng khi > 40 U/L; GGT tăng khi > 60 U/L.

* *Chỉ số siêu âm 2D gan và lách*: Được thực hiện bởi bác sỹ siêu âm có trên 5 năm kinh nghiệm siêu âm ổ bụng, máy siêu âm Logic S8 (GE Healthcare, Hoa Kỳ). Các đặc điểm bao gồm: Gan to (trên mặt cắt dọc: Gan phải > 16 cm, gan trái > 8 cm); cấu trúc nhu mô gan: Tho hoặc không; bờ gan: Đều hoặc không, đường kính tĩnh mạch cửa (cm); lách: To hoặc không [10].

* *Siêu âm Fibroscan*: Được thực hiện theo quy trình kỹ thuật bởi bác sỹ siêu âm có trên 3 năm kinh nghiệm siêu âm đàn hồi gan, đầu dò Fibroscan, size M (Hãng Echosen, Pháp). Trong nghiên cứu của chúng tôi, sử dụng tiêu chuẩn Fibroscan để phân loại mức độ xơ hóa. Phân loại xơ hóa gan được lấy theo

thang điểm ngưỡng của nhà sản xuất máy siêu âm Fibroscan khuyến cáo, trong đó mỗi nguyên nhân gây xơ hóa gan có giá trị ngưỡng khác nhau. Giá trị ngưỡng để phân biệt giữa F0 - F1 và F2 - F4 của nguyên nhân do virus viêm gan B: 7,1kPa; virus viêm gan C: 8,8kPa; bệnh gan liên quan đến rượu: 7,8kPa; gan nhiễm mỡ không do rượu: 7,0kPa.

* *Mô hình học máy trong chẩn đoán xơ hóa gan*: Để phân loại mức độ xơ hóa gan đáng kể, nghiên cứu này sử dụng ba mô hình học máy gồm cây quyết định, rừng ngẫu nhiên và tăng cường độ dốc. Các mô hình được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình Python (phiên bản 3.9) và triển khai trên nền tảng Google Colab với môi trường tính toán sử dụng GPU. Quá trình xây dựng mô hình bao gồm huấn luyện (80% dữ liệu ban đầu), tinh chỉnh siêu tham số và đánh giá hiệu suất dựa trên tập dữ liệu kiểm tra (20% dữ liệu còn lại), đảm bảo các dữ liệu huấn luyện và kiểm tra là hoàn toàn độc lập, không có sự trùng lặp.

* *Phân tích kết quả*: Phần mềm phân tích thống kê SPSS 21.0 được sử dụng để phân tích số liệu. Dữ liệu phân phối chuẩn được mô tả bằng giá trị trung bình ($\pm$ độ lệch chuẩn) và được so sánh giữa các nhóm bằng kiểm định independent samples T-test. Dữ liệu không phân phối chuẩn được mô tả

bằng giá trị trung vị và khoảng tứ phân và được so sánh giữa các nhóm bằng kiểm định Mann-Whitney. Hiệu suất chẩn đoán của ba mô hình học máy trong việc xác định xơ hóa đáng kể được đánh giá bằng cách sử dụng AUC, độ nhạy, độ đặc hiệu, giá trị tiên đoán dương tính (PPV) và giá trị tiên đoán âm tính (NPV) cũng được tính toán. Giá trị $p < 0,05$ được xác định có ý nghĩa thống kê.

3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành theo quy định về đạo đức trong nghiên cứu y sinh học do Bệnh viện Quân y 103 ban hành. Thông tin được mã hóa, đảm bảo tính bảo mật. Số liệu nghiên cứu được Khoa Siêu âm, Trung tâm Chẩn đoán hình ảnh, Bệnh viện Quân y 103 cho phép sử dụng và công bố. Nhóm tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong nghiên cứu.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Đặc điểm của đối tượng nghiên cứu

Bảng 1. Đặc điểm của đối tượng nghiên cứu.

Đặc điểm	F0 - F1 (n = 75)	F2 - F4 (n = 63)
Tuổi (năm), Mean ± SD	40,86 ± 12,41	51,19 ± 11,66
Giới tính (nam giới), n (%)	56 (74,6)	55 (87,3)
Viêm gan virus B, n (%)	46 (61,3)	20 (31,7)
Viêm gan virus C, n (%)	11 (14,6)	15 (23,8)
NAFLD, n (%)	14 (18,6)	6 (9,5)
Bệnh gan liên quan đến rượu, n (%)	4 (5,5)	22 (35)

(n: Số lượng BN; Mean: Giá trị trung bình; SD: Độ lệch chuẩn; NAFLD: Bệnh gan nhiễm mỡ không do rượu)

Độ tuổi trung bình của đối tượng nghiên cứu trong nhóm F0 - F1 và nhóm F2 - F4 lần lượt là khoảng 41 và 51 tuổi, trong đó tỷ lệ nam giới ở 2 nhóm chiếm ưu thế lần lượt là 74,6 và 87,3%. Nguyên nhân liên quan đến bệnh lý gan ở nhóm F0 - F1 chủ yếu là viêm gan virus B với 46 BN (61,3%), sau đó là viêm gan do virus C, NAFLD, và bệnh gan liên quan đến rượu lần lượt là 14 (18,6%), 11 (14,6%) và 4 (5,5%). Trong nhóm F2 - F4, nguyên nhân chủ yếu là do rượu có 22 (35%), sau đó là viêm gan do virus B, virus C và NAFLD, lần lượt là 20 (31,7%), 15 (23,8%) và 6 (9,5%).

2. Đặc điểm của xét nghiệm cận lâm sàng của đối tượng nghiên cứu

Bảng 2. Chỉ số các xét nghiệm enzyme gan.

Chỉ số	F0 - F1 (n = 75) Median [Q1 - Q3]	F2 - F4 (n = 63) Median [Q1 - Q3]	p
AST (U/L)	27,65 [22,79 - 33,50]	62 [36,20 - 108,29]	< 0,001
ALT (U/L)	28,88 [21,69 - 41,26]	54,26 [32,20 - 93,43]	< 0,001
GGT (U/L)	35,37 [22,21 - 59,59]	143,60 [66,20 - 237,30]	< 0,001

(n: Số lượng BN; Median: Giá trị trung vị; Q1: Từ phân vị thứ nhất (25%); Q3: Từ phân vị thứ ba (75%); p: Giá trị p)

Trong nhóm F0 - F1, giá trị trung vị của AST, ALT, và GGT nằm trong ngưỡng bình thường, lần lượt là 27,65; 28,88 và 35,37 U/L. Tuy nhiên, trong nhóm F2 - F4, 3 giá trị trung vị này đều tăng cao hơn giá trị bình thường, lần lượt là 62; 54,26 và 143,60 U/L. Sự khác biệt giá trị trung vị của AST, ALT và GGT giữa 2 nhóm có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Bảng 3. Đặc điểm của các tham số siêu âm 2D và Fibroscan.

Đặc điểm/thông số	F0 - F1 (n = 75)	F2 - F4 (n = 63)	p
Chiều cao gan phải (cm), Mean $\pm$ SD	11,61 $\pm$ 1,13	12,87 $\pm$ 1,77	< 0,001
Chiều cao gan trái (cm), Mean $\pm$ SD	7,59 $\pm$ 1,26	8,11 $\pm$ 1,74	0,043
Đường kính TMC (cm), Mean $\pm$ SD	1,01 $\pm$ 0,12	1,15 $\pm$ 0,45	< 0,001
Fibroscan (kPa), Mean $\pm$ SD	5,18 $\pm$ 1,09	23,64 $\pm$ 18,57	< 0,001
Gan thô (có)	4	39	
Bờ gan không đều (có)	0	31	
Lách to (có)	0	15	

(n: Số lượng BN; Mean: Giá trị trung bình; SD: Độ lệch chuẩn; p: Giá trị p; TMC: Tĩnh mạch cửa)

Đặc điểm định tính trên siêu âm 2D xuất hiện chủ yếu ở nhóm F2 - F4: Gan thô (39), bờ gan không đều (31), và lách to (15). Các thông số định lượng trên siêu âm

2D: Chiều cao gan phải, chiều cao gan trái, và đường kính tĩnh mạch cửa đều tăng ở nhóm F2 - F4, với giá trị trung bình lần lượt là 12,87; 8,11 và 1,15cm, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với nhóm F0 - F1. Giá trị trung bình độ cứng của gan trong nhóm F0 - F1 và F2 - F4 lần lượt là 5,18 và 23,64kPa.

3. Hiệu suất chẩn đoán xơ hóa gan đáng kể của mô hình học máy

Bảng 4. Hiệu suất chẩn đoán xơ hóa gan đáng kể của ba mô hình học máy.

Mô hình	Tập dữ liệu huấn luyện					Tập dữ liệu kiểm tra				
	AUC	Sen	Spe	PPV	NPV	AUC	Sen	Spe	PPV	NPV
DT	0,85	63,26	95,08	91,17	76,31	0,84	57,14	92,87	88,89	68,42
RF	0,93	83,67	83,60	80,39	86,44	0,88	64,28	85,71	81,81	70,58
GB	0,96	89,79	91,80	89,79	91,80	0,89	71,42	85,71	83,33	75,00

(AUC: Diện tích dưới đường cong; Sen: Độ nhạy; Spe: Độ đặc hiệu; DT: Mô hình cây quyết định; RF: Mô hình rừng ngẫu nhiên; GB: Mô hình tăng cường độ dốc)

Trong tập dữ liệu huấn luyện, giá trị AUC của mô hình tăng cường độ dốc, mô hình rừng ngẫu nhiên và mô hình cây quyết định lần lượt là 0,96; 0,93 và 0,85. Trong tập dữ liệu kiểm tra, các mô hình này có giá trị AUC lần lượt là 0,89; 0,88 và 0,84.

BÀN LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ nam:nữ trong nghiên cứu của chúng tôi là 4,1:1, có thể do đối tượng tuyển chọn của chúng tôi bao gồm nhiều nguyên nhân, trong đó có bệnh gan do rượu, có thể đây là nguyên nhân dẫn đến tỷ lệ nam giới chiếm ưu thế, tương tự kết quả của tác giả Trần Thị Khánh Tường và CS [10]. Về nguyên nhân liên quan đến tình trạng xơ hóa gan, virus viêm gan B chiếm tỷ lệ cao nhất, sau đó là virus viêm gan C, bệnh gan do rượu và bệnh

gan nhiễm mỡ không do rượu. Điều này được lý giải do Việt Nam có tỷ lệ lưu hành người nhiễm virus viêm gan B trong khoảng 15 - 20%.

Theo nghiên cứu của chúng tôi, nhóm F2 - F4 có tình trạng tăng cả ba enzyme gan, bao gồm AST, ALT và GGT. Điều này được lý giải do nồng độ AST và ALT tăng cao có liên quan đến tổn thương tế bào gan thường quan sát thấy ở các giai đoạn khác nhau của xơ hóa gan. Trong đó, giá trị trung vị của $AST > ALT$, phù hợp với nghiên cứu của Trần Thị Khánh Tường và CS [10].

Kết quả siêu âm 2D của chúng tôi cho thấy hình ảnh gan thô chiếm tỷ lệ cao nhất (khoảng 31%), sau đó là đặc điểm về bờ gan không đều và lách to. Điều này tương tự với nghiên cứu của Trần Bảo Nghi với tỷ lệ gan thô là 38% [10]. Gan thô là dấu hiệu sớm của viêm gan mạn tính, trong khi lách to thường xuất hiện ở giai đoạn muộn, liên quan đến tăng áp lực tĩnh mạch cửa. Chiều cao của gan có kích thước lớn hơn khi ở giai đoạn F2 - F4, gan to có thể do tình trạng viêm gan, dẫn đến các tế bào gan đều phình to và tăng cường lượng máu đến xoang tĩnh mạch gan, kết quả là kích thước của gan sẽ tăng.

Mô hình cây quyết định có giá trị $AUC = 0,84$, thấp hơn kết quả trên mô hình rừng ngẫu nhiên với $AUC = 0,88$. Do bản chất của mô hình rừng ngẫu nhiên là tập hợp các cây quyết định khác nhau, sau đó chúng dựa trên một thuật toán “bỏ phiếu” cho quyết định cuối cùng của mô hình. Mô hình tăng cường độ dốc có kết quả tốt hơn ($AUC = 0,89$) so với hai mô hình trước đó (cây quyết định và rừng ngẫu nhiên), điều này có thể do mô hình này điều chỉnh trọng số và giảm thiểu sai số một cách có hệ thống. Kết quả của chúng tôi tương tự với nghiên cứu của tác giả Feng và CS với mô hình rừng ngẫu nhiên ($AUC = 0,89$) nhưng vượt trội hơn với mô hình hồi quy logistic ($AUC = 0,76$) trên tập huấn luyện [5]. Điều này có thể giải

thích do nghiên cứu của Feng trên nhóm BN viêm gan nhiễm mỡ không do rượu và sử dụng sinh thiết gan là tiêu chuẩn tham chiếu.

KẾT LUẬN

Mô hình học máy với các tham số đầu vào là xét nghiệm máu và đặc điểm siêu âm thường quy có hiệu suất chẩn đoán tốt với tình trạng xơ hóa gan đáng kể. Phương pháp này mở ra một công cụ tiềm năng không xâm lấn, hỗ trợ bác sĩ khi đưa ra đánh giá xơ hóa gan.

Lời cảm ơn: Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn tới toàn bộ BN đã tham gia nghiên cứu và các cán bộ, nhân viên Khoa Siêu âm, Bộ môn - Trung tâm Chẩn đoán hình ảnh, Bệnh viện Quân y 103 đã hỗ trợ chúng tôi thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Việt Tú. Nội tiêu hóa. Tái bản lần thứ nhất. Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, Hà Nội. 2011:258.
2. Thampanitchawong P, Piratvisuth T. Liver biopsy: Complications and risk factors. *World Journal of Gastroenterology*. 1999; 5(4):301.
3. Mahady SE, Macaskill P, Craig JC, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive fibrosis scores in a population of individuals with a low prevalence of fibrosis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2017; 15(9):1453-1460. e1.

4. Sarker IH. Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN Computer Science*. 2021; 2(3):160.
5. Feng G, Zheng KI, Li YY, et al. Machine learning algorithm outperforms fibrosis markers in predicting significant fibrosis in biopsy-confirmed NAFLD. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*. 2021; 28(7):593-603.
6. Bộ Y tế Việt Nam. Hướng dẫn chẩn đoán và điều trị bệnh viêm gan vi rút B, Hà Nội. 2019:2-3.
7. Bộ Y tế Việt Nam. Hướng dẫn chẩn đoán và điều trị bệnh viêm gan vi rút C. Hà Nội. 2016:2.
8. Thursz M, Gual A, Lackner C, et al. EASL clinical practice guidelines: Management of alcohol-related liver disease. *Journal of hepatology*. 2018; 69(1):154-181.
9. Trần Bảo Nghi. Nghiên cứu xơ hóa gan ở bệnh nhân bệnh gan mạn bằng đo đàn hồi gan thoáng qua đối chiếu với mô bệnh học. *Luận án Tiến sỹ Y học*, Đại học Y dược Huế. 2016.
10. Trần Thị Khánh Tường, Hoàng Trọng Thắng. Đánh giá xơ hóa gan bằng kỹ thuật ghi hình xung lực xạ âm và chỉ số tỷ lệ aspartate aminotransferase trên tiểu cầu trong bệnh gan mạn. *Tạp chí Y Dược học-Trường Đại học Y Dược Huế*. 2015; 25:58-70.