

ÁP DỤNG CÔNG CỤ JAVACRIPT ĐỂ PHÁT TRIỂN GIẢI PHÁP TỰ ĐỘNG HOÁ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ SIÊU ÂM DOPPLER XUYÊN SỌ

Bùi Mỹ Hạnh^{1,2,3,✉}, Đinh Thu Hương¹

¹Khoa Thăm dò chức năng, Bệnh viện Đại học Y Hà Nội

²Trung tâm Phát triển Chương trình đào tạo và Tư vấn nhân lực Y tế, Trường Đại học Y Hà Nội

³Bộ môn Lao và Bệnh phổi, Trường Đại học Y Hà Nội

Nghiên cứu này nhằm mục tiêu phát triển giải pháp tự động hóa trong nhận định kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ. Sử dụng hàm Javascript phát triển giải pháp tự động hóa trong nhận định kết quả từ 7/2018 đến 7/2022. Thử nghiệm ứng dụng ngẫu nhiên trên 100 đối tượng theo cả phương pháp thủ công và tự động, sau đó áp dụng thực tế cho 43.134 đối tượng. Kết quả cho thấy, dữ liệu được chuẩn hóa, mã hóa dưới dạng số và chuỗi. Giao diện ứng dụng là phiếu kết quả đo siêu âm Doppler xuyên sọ số hóa dạng file HTML. Tốc độ phân tích của nhóm tự động là $23,6 \pm 3,1$ giây nhanh hơn đáng kể so với nhóm thủ công $605,7 \pm 6,2$ giây với $p < 0,001$. Độ chính xác của nhóm tự động đạt 100% (nếu không có trục trặc đường truyền và nhập sai) cao hơn đáng kể so với nhóm thủ công đạt 75% ($p < 0,001$) ở giai đoạn thử nghiệm. Thời gian trả lời kết quả tự động được rút ngắn 25,6 lần, tiết kiệm được 6.978 giờ làm việc, đạt độ chính xác tổng thể 100%, lưu trữ được 9,7 triệu điểm dữ liệu so với trả lời thủ công khi triển khai thực tiễn. Cuối cùng, nghiên cứu đã xây dựng và phát triển giải pháp tự động hỗ trợ quá trình trả lời kết quả nhanh chóng, hiệu quả, tin cậy, tạo được bộ dữ liệu chuẩn về siêu âm Doppler xuyên sọ.

Từ khóa: Siêu âm Doppler xuyên sọ, phân tích kết quả tự động, hệ thống thông tin y tế, bệnh án điện tử

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Siêu âm Doppler xuyên sọ là một thăm dò ít tổn kém và không xâm lấn nhằm đánh giá lưu lượng máu và tốc độ dòng chảy các động mạch não trong thời gian thực.¹ Siêu âm Doppler xuyên sọ dựa trên nguyên lý các sóng siêu âm sẽ phản chiếu lại khi xuyên qua một vật thể chuyển động trong dòng máu (hồng cầu) với tần số sóng phản xạ thay đổi theo tốc độ và hướng chuyển động của hồng cầu.^{2,3} Kỹ thuật này sử dụng đầu dò siêu âm tần số 2 MHz, khảo sát theo 4 vùng cửa sổ siêu âm tương ứng với các động mạch não: cửa sổ thái dương khảo sát các động mạch trong đa

giác Willis (động mạch não giữa - MCA, động mạch não trước - ACA, động mạch não sau - PCA); cửa sổ chẩm khảo sát các động mạch thuộc hệ sống nền (động mạch đốt sống - VA và động mạch thân nền - BA); cửa sổ mắt khảo sát động mạch mắt và động mạch cảnh đoạn siphon.^{2,4} Siêu âm Doppler xuyên sọ có thể được sử dụng cùng với các xét nghiệm khác trong chẩn đoán một số rối loạn mạch máu não như đột quỵ do thiếu máu não cục bộ cấp tính, co thắt mạch não, chấn thương sọ não. Ngoài ra, kỹ thuật này cũng hữu ích trong việc phát hiện dòng chảy phụ trong thông động-tĩnh mạch, quản lý các bệnh xơ vữa mạch máu não và hỗ trợ chẩn đoán chết não.¹ Các phiếu trả lời kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ chứa trung bình 170 điểm dữ liệu bao gồm 16 điểm dữ liệu thông tin đối tượng, 9 - 13 điểm dữ liệu

Tác giả liên hệ: Bùi Mỹ Hạnh

Bệnh viện Đại học Y Hà Nội

Email: buimyhanh@hmu.edu.vn

Ngày nhận: 26/09/2022

Ngày được chấp nhận: 25/10/2022

số và 150 - 200 ký tự kết luận. Nếu phân tích, trả lời thủ công cần nhập, phân tích và đưa ra nhận xét đầy đủ các thông số cũng như các kết luận. Những hoạt động này gây tốn thời gian và có thể có sai sót, đặc biệt trong tình hình số lượng người bệnh ngày càng gia tăng.^{5,6} Bên cạnh đó, các dữ liệu siêu âm xuyên sọ là một dạng dữ liệu Non-DICOM, chỉ được lưu trữ trên thiết bị đo hoặc đẩy lên hệ thống HIS dưới dạng file ảnh, PDF chưa kể đến không phải cơ sở khám chữa bệnh nào cũng có thể đầu tư máy siêu âm Doppler xuyên sọ có phần mềm kết nối tương thích với HIS với chi phí khoảng hơn 1 tỷ đồng/máy. Việc dữ liệu chưa được số hóa, lưu trữ gây khó khăn trong tích hợp, lưu trữ, trích xuất, phân tích dữ liệu để hỗ trợ chẩn đoán, điều trị, tầm soát bệnh lý mạch máu não. Trên thế giới, chỉ một số ít nghiên cứu phát triển các ứng dụng trong kỹ thuật siêu âm Doppler xuyên sọ như: tự động tìm và dò mạch máu hay tự động nhận định, dự báo nguy cơ tắc mạch với độ tin cậy cao.^{7,8} Tại Việt Nam hiện nay, chúng tôi chưa thấy có công bố nào về việc tự động hóa trong nhận định siêu âm Doppler xuyên sọ. Vì vậy, nghiên cứu này được triển khai với mục tiêu: Nghiên cứu và phát triển giải pháp tự động hóa trong nhận định kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Đối tượng

- Bộ dữ liệu và các giá trị tham chiếu theo quy ước chuẩn quốc tế về siêu âm Doppler xuyên sọ.³

- Giai đoạn thử nghiệm: 100 đối tượng siêu âm Doppler xuyên sọ được chọn ngẫu nhiên, đánh giá bằng sử dụng công cụ trả lời tự động và thủ công.

- Giai đoạn triển khai thực tiễn: 43.134 đối tượng siêu âm Doppler xuyên sọ, kết quả liên tục được đánh giá, so sánh để phát hiện những sai số kịp thời (nếu có).

2. Phương pháp

Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu mô tả cắt ngang sử dụng hàm Javascript để phát triển ứng dụng tự động hóa trong nhận định kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ.

Thời gian và địa điểm

Nghiên cứu được tiến hành từ tháng 7/2018 đến tháng 7/2022 tại Khoa Thăm dò chức năng - Bệnh viện Đại học Y Hà Nội.

Mô tả ứng dụng

Giải pháp tự động hoá được tích hợp ngay trên hệ thống HIS và bệnh án điện tử của bệnh viện. Ngay khi nhập số liệu từ báo cáo kết quả của máy siêu âm Doppler xuyên sọ, hệ thống tự động xử lý dữ liệu và kết xuất ngay lập tức nhận xét, kết luận về siêu âm Doppler xuyên sọ của đối tượng, đồng thời sao lưu dữ liệu vào hệ thống HIS, bệnh án điện tử.

Biến số

- Các giá trị trong siêu âm Doppler xuyên sọ: tốc độ dòng chảy trung bình của động mạch thân nền (Basilar artery-BA), động mạch đốt sống (Vertebral artery- VA), động mạch não giữa (Middle cerebral artery- MCA), động mạch não trước (Anterior cerebral artery- ACA), động mạch não sau (Posterior cerebral artery- PCA) hai bên, động mạch mắt (Ophthalmic artery- OA).

- Thời gian phân tích, báo cáo, chuyển kết quả lên HIS, bệnh án điện tử.

- Các lỗi thường gặp trong quá trình trả lời kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ được định nghĩa tại bảng 1.

Bảng 1. Định nghĩa các lỗi gặp phải trong quá trình trả lời kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ

Tên lỗi	Định nghĩa
Lỗi nhập sai số liệu	Nhập sai bất kì một số liệu trở lên trong các giá trị
Lỗi sai chính tả khi viết kết luận	Sai chính tả bất kì từ một từ trở lên
Lỗi không hiển thị kết luận sau khi nhập số liệu	Không xuất hiện dòng kết luận ở vị trí bất kì sau khi đã nhập đủ số liệu
Lỗi nhận định sai từ một kết luận trở lên khi nhập đúng số liệu	Nội dung kết luận bị sai khi nhập đúng số liệu

Các biến số, thông tin cần nhập chung và riêng của 2 nhóm được thể hiện tại bảng 2.

Bảng 2. So sánh biến số cần nhập của 2 nhóm

Biến số	Nhóm thủ công	Nhóm tự động
Tốc độ dòng chảy trung bình của động mạch thân nền	Có	Có
Động mạch đốt sống	Có	Có
Động mạch não giữa 2 bên	Có	Có
Động mạch não trước 2 bên	Có	Có
Động mạch não sau 2 bên	Có	Có
Động mạch mắt	Có	Có
Nhận xét tốc độ dòng chảy trung bình	Có	Không
% chênh lệch tốc độ dòng chảy hai bên (trái - phải)	Có	Không
Kết luận	Có	Không

Quy trình

- Ứng dụng công cụ Javascript để hỗ trợ tính toán và tự đối chiếu, nhận định các thông số đo được từ siêu âm Doppler xuyên sọ và tự động trích xuất kết luận dựa vào các số liệu khi được nhập trực tiếp trên hệ thống.

- Thử nghiệm, kiểm tra trên 100 kết quả đo trước khi đưa vào triển khai đồng loạt.

- Triển khai thực tế, tích hợp với HIS và bệnh án điện tử, định kỳ trích xuất, kiểm tra dữ liệu để hình thành được cơ sở dữ liệu chuẩn về siêu âm Doppler xuyên sọ.

3. Xử lý số liệu

Để so sánh giữa 2 nhóm thủ công và tự động, nhóm nghiên cứu đã tiến hành lấy ngẫu

nhien 100 kết quả đo trước khi đưa vào triển khai thực tế. Kết quả được đánh giá đều có độ chính xác tổng thể của nhóm tự động là 100%.

Kết quả được kiểm tra, đánh giá lại bằng các bác sĩ chuyên khoa có thâm niên công tác và chứng chỉ hành nghề Thăm dò chức năng. Quá trình đánh giá tạo ra một báo cáo mới, so sánh với báo cáo tự động của hệ thống. Sự khác biệt giữa 2 nhóm về dữ liệu số và kết luận, thời gian được ghi lại bao gồm cả các nguyên nhân có thể ảnh hưởng kết quả.

Sử dụng các phép thống kê mô tả và so sánh sự khác biệt giữa nhóm sử dụng công cụ trả lời tự động và nhóm trả lời thủ công dựa vào test kiểm định Independent sample T-test.

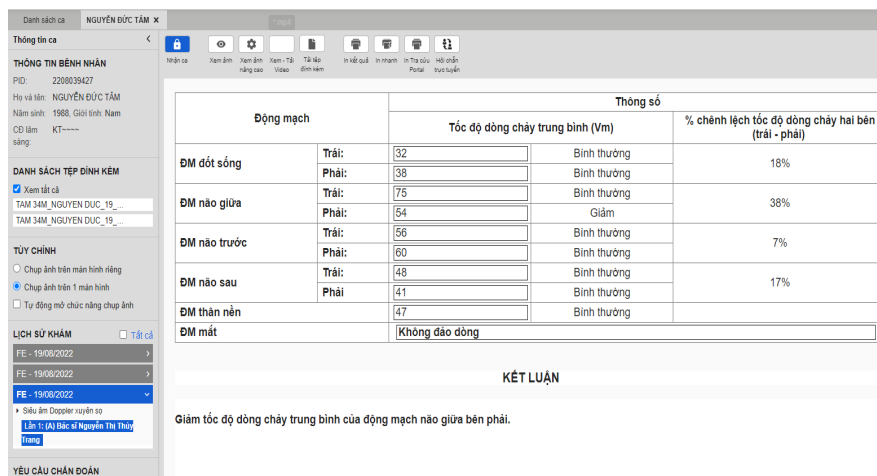
4. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu đã được sự chấp thuận của Hội đồng đạo đức của Trường Đại học Y Hà Nội (số quyết định 563/GCN-HĐĐĐNCYSH-ĐHYHN ngày 30/9/2021).

III. KẾT QUẢ

1. Giao diện làm việc

Giao diện sẵn sàng cho nhập, phân tích, lưu trữ, trích xuất được cài đặt trên hệ thống HIS và bệnh án điện tử như hình 1.



Hình 1. Hình minh họa giao diện hệ thống trả lời kết quả tự động

2. Giai đoạn thử nghiệm

Số lượng điểm dữ liệu cần nhập của 2 nhóm được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Số điểm dữ liệu cần nhập của hai nhóm

Số điểm dữ liệu cần nhập	Ký tự	Nhóm thủ công	Nhóm tự động
		(n = 100)	(n = 100)
	Số	150 - 200	0
	Số	9 - 13	9

Đối với phiếu trả lời thủ công, tổng số điểm dữ liệu cần nhập từ 150 đến 200 thông số và ký tự. Sau khi áp dụng hệ thống trả lời tự động, dữ liệu cần nhập rút xuống còn tối đa 9 thông số.

Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,001$. Thời gian nhập, trả lời kết quả của 2 nhóm khi thử nghiệm trên 100 đối tượng được so sánh trong bảng 4.

Bảng 4. Thời gian trả lời kết quả khi áp dụng thử nghiệm

Giai đoạn thử nghiệm	Nhóm thủ công	Nhóm tự động	p
	(n = 100)	(n = 100)	
Thời gian trả lời kết quả trung bình (giây)	605,7 ± 6,2	23,6 ± 3,1	< 0,001
Thời gian trả lời kết quả (phút)	1009	39,3	
Thời gian tiết kiệm ($t_{\text{thủ công}} - t_{\text{tự động}}$)	969,7 phút (16,2 giờ)		

Thời gian trả lời kết quả trung bình của nhóm sử dụng hệ thống trả lời tự động là $23,6 \pm 3,1$ giây nhanh hơn đáng kể so với nhóm thủ công là $605,7 \pm 6,2$ giây ($p < 0,001$). Thời gian trả lời kết quả của nhóm sử dụng hệ thống trả

lời tự động rút ngắn 25,6 lần so với nhóm thủ công, tiết kiệm được 16,2 giờ làm việc.

Tỷ lệ các lỗi thường gặp trong quá trình trả lời kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ giữa 2 nhóm được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5. Tỷ lệ các lỗi gặp phải khi trả lời thủ công và tự động

Tên lỗi	Nhóm trả lời thủ công (n = 100)	Nhóm trả lời tự động (n = 100)	p
Lỗi nhập sai số liệu	9 (9%)	0 (0%)	0,03
Lỗi sai chính tả khi viết kết luận	10 (10%)	0 (0%)	0,03
Lỗi không hiển thị kết luận sau khi nhập số liệu	0(0%)	0 (0%)	-
Lỗi nhận định sai từ một kết luận trở lên khi nhập đúng số liệu	6 (5%)	0 (0%)	0,07
Tổng số lỗi sai	25 (25%)	0 (0%)	0,003
Độ chính xác tổng thể	75%	100%	0,003

Các lỗi nhập sai số liệu, sai chính tả, nhận định sai kết luận là các lỗi thường gặp nhất ở nhóm thủ công. Tổng số lỗi sai của nhóm trả lời tự động và nhóm trả lời thủ công lần lượt là 0% và 25%. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,001$. Độ chính xác tổng thể của nhóm tự động đạt 100%.

3. Đánh giá hiệu quả thực tế khi áp dụng thường quy giai đoạn 7/2018 - 7/2022

Thời gian trả lời kết quả và độ chính xác tổng thể của 2 nhóm khi áp dụng thường quy được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6. Thời gian trả lời kết quả và độ chính xác tổng thể khi áp dụng thường quy

Giai đoạn 7/2018 - 7/2022	Nhóm thủ công (n = 43.134)	Nhóm tự động (n = 43.134)	p
Thời gian trả lời kết quả (phút)	435.653	16.966	
Thời gian tiết kiệm ($t_{\text{thủ công}} - t_{\text{tự động}}$)		418.687 phút (6.978 giờ)	
Độ chính xác tổng thể (%)	75	100	< 0,001

Thời gian trả lời kết quả của nhóm sử dụng hệ thống trả lời tự động rút ngắn 25,6 lần so với nhóm thủ công, tiết kiệm được 6.973 giờ làm

việc. Độ chính xác tổng thể của hệ thống đạt 100% nếu không có các lỗi liên quan đến hạ tầng đường internet trực trực, gián đoạn chung.

4. Xây dựng bộ dữ liệu chuẩn

Số điểm dữ liệu được lưu trữ thể hiện ở bảng 7.

Bảng 7. Số điểm dữ liệu được lưu trữ của 2 nhóm giai đoạn 7/2018 - 7/2022

Loại dữ liệu	Nhóm thủ công (n = 43.134)	Nhóm tự động (n = 43.134)
Thông tin đối tượng	16	16
Các chỉ số siêu âm Doppler xuyên sọ	0	9
Nhận định, kết luận về siêu âm Doppler xuyên sọ	0	150 - 200
Điểm dữ liệu được lưu trữ	690.144	9.705.150

Hệ thống trả lời kết quả tự động đã xây dựng bộ dữ liệu chuẩn về siêu âm Doppler xuyên sọ của 43.134 đối tượng tương đương với hơn 9,7 triệu điểm dữ liệu được lưu trữ

dưới dạng dicom trên hệ thống HIS lớn hơn hẳn phương pháp thủ công đã đánh mất toàn bộ số dữ liệu chuyên môn về siêu âm Doppler xuyên sọ.

IV. BÀN LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng một hệ thống trả lời tự động chính xác và hiệu quả trong việc hỗ trợ nhận định kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ. Hệ thống sử dụng đơn giản mà không cần mã hóa phức tạp gây khó hiểu cho người dùng. Ngay sau khi nhập số liệu từ báo cáo kết quả của máy siêu âm Doppler xuyên sọ, hệ thống đã xử lý dữ liệu và kết xuất ngay lập tức kết luận về kết quả của đối tượng, đồng thời sao lưu dữ liệu vào hệ thống HIS, bệnh án điện tử.

Thế mạnh vượt trội của hệ thống trả lời kết quả tự động là rút ngắn tối đa thời gian trả lời kết quả. Thời gian trung bình từ khi bắt đầu nhập dữ liệu đến khi tạo ra một phiếu trả lời kết quả hoàn chỉnh, chính xác chỉ mất 23,6 giây, ngắn hơn 25,6 lần so với trả lời thủ công (605,7 giây). Theo Kathleen.E.Walsh và cộng sự (2021) cũng chỉ ra rằng khả năng phân biệt các giá trị bình thường hay bất thường bằng phương pháp thủ công thấp hơn so với phương pháp tự động, lấy dữ liệu từ EHR.⁹

Khi số lượng người bệnh ngày càng tăng, nhu cầu được chăm sóc và khám kiểm tra theo

đổi sức khỏe càng lớn thì yêu cầu về thời gian chờ đợi càng đòi hỏi rút ngắn. Nếu không gặp sự cố đường truyền hoặc lỗi chủ quan khác nhau thì chỉ mất 23,6 giây kết quả sẽ có trên hệ thống HIS và bệnh án điện tử. Người bệnh tiết kiệm được thời gian chờ đợi kết quả, có thời gian đi thực hiện những xét nghiệm khác. Điều này liên quan trực tiếp đến hiệu quả chăm sóc người bệnh, tính chuyên nghiệp của nhân viên y tế và đánh giá chất lượng bệnh viện đi đôi với tiêu chí hướng tới sự hài lòng của người bệnh.

Mặt khác, hệ thống trả lời kết quả tự động tiết kiệm nhân lực tham gia phục vụ người bệnh. Đối với phương pháp thủ công có thể mất từ 3 - 4 nhân sự (bao gồm cả bác sĩ và kỹ thuật viên) thực hiện từ tiếp đón đến trả kết quả trong khi ở hệ thống tự động chỉ cần 1 bác sĩ.

Độ chính xác tổng thể của hệ thống trả lời kết quả tự động cao hơn so với trả lời thủ công thể hiện sự tin cậy gần như tuyệt đối với kết quả thu được, trong khi nguyên nhân gây lỗi chủ yếu là các nguyên nhân chủ quan như nhập sai số liệu của kỹ thuật viên và không ghi nhận trường

hợp nhập đúng số liệu mà sai kết luận cuối cùng. Tuy nhiên, khi xảy ra lỗi “số liệu nhập đã thay đổi”, không thể tạo kết luận tự động, việc kết luận thủ công là cần thiết, trên thực tế thì lỗi này cực kỳ hiếm gặp trừ một số tình huống hệ thống phần mềm đọc kết quả có lỗi làm ảnh hưởng gián tiếp đến câu duyệt điều kiện để đưa ra kết luận. Một lỗi sai xuất hiện trong trả lời thủ công đó là nhận định kết quả sai trong khi số liệu nhập đúng, đây được coi là một lỗi nghiêm trọng hơn là chỉ nhập sai số liệu vì nó dẫn đến thay đổi kết luận cuối cùng của người bệnh, đồng nghĩa với việc dẫn đến các sai lầm trong chẩn đoán và điều trị. Theo Kathlen.E.Walsh và cộng sự (2021), việc xem xét sàng lọc trên 222 bản ghi siêu âm doppler xuyên sọ cho thấy độ chính xác của nhóm thủ công đạt 95%, tự động trích xuất từ EMR đạt 100%.⁹

Bằng cách tích hợp ngay trên hệ thống HIS và bệnh án điện tử của bệnh viện, toàn bộ dữ liệu siêu âm doppler xuyên sọ lần đầu tiên đã chuyển đổi thành công thành định dạng dicom, sẵn có trên hệ thống HIS để sao chép và lưu trữ tra cứu, truy xuất, chia sẻ và nghiên cứu thuận lợi. Từ kết quả đáng khích lệ này, xu hướng mở rộng và nâng cấp phần mềm nhận định kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ tự động cần được tiếp tục nghiên cứu truyền dữ liệu trực tiếp kết quả thăm dò từ các máy siêu âm Doppler xuyên sọ lên thẳng hệ thống HIS mà không cần bước nhập lại số liệu của nhân viên y tế. Chỉ đến mức độ này mới thực sự giải quyết được các điểm nghẽn dữ liệu thực tế cho cả hệ thống và kho dữ liệu lớn đạt chuẩn sử dụng cho nghiên cứu phát triển ứng dụng trí tuệ nhân tạo dự báo, hỗ trợ chẩn đoán và điều trị các bệnh về mạch máu.

V. KẾT LUẬN

Hệ thống trả lời kết quả siêu âm Doppler xuyên sọ tự động đã được xây dựng đảm bảo hỗ trợ quá trình trả lời kết quả nhanh chóng,

hiệu quả và tin cậy. Giai đoạn thử nghiệm, tốc độ báo cáo của nhóm tự động ($23,6 \pm 3,1$ giây) nhanh hơn đáng kể so với nhóm thủ công ($605,7 \pm 6,2$ giây) ($p < 0,001$). Độ chính xác tổng thể của kết quả trả lời tự động đạt 98% cao hơn đáng kể so với kết quả trả lời thủ công đạt 75% ($p < 0,001$). Thời gian trả lời kết quả tự động được rút ngắn 25,6 lần, tiết kiệm được 6.978 giờ làm việc, đạt độ chính xác tổng thể 100%, lưu trữ được hơn 9,7 triệu điểm dữ liệu so với trả lời thủ công khi triển khai thực tiễn.

Lời cảm ơn

Xin cảm ơn phòng Công nghệ thông tin - Bệnh viện Đại học Y Hà Nội, công ty cổ phần công nghệ ISOFH, công ty cổ phần giải pháp công nghệ Minerva đã đồng hành cùng khoa và nhóm nghiên cứu trong thực hiện và hoàn thành đề tài này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Purkayastha S, Sorond F. Transcranial doppler ultrasound: Technique and application. *Seminars in neurology*. 2012; 32(4): 411-420.
2. Ringelstein EB. Transcranial doppler sonography. In: Klaus Poeck, Erich Bernd Ringelstein, Werner Hacke, eds. *New Trends in Diagnosis and Management of Stroke*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1987: 3-28.
3. DeWitt L D, Wechsler L R. Transcranial doppler. *Stroke*. 1988; 19(7): 915-921.
4. Spencer MP, Whisler D. Transorbital dDoppler diagnosis of intracranial arterial stenosis. *Stroke*. 1986; 17(5): 916-921.
5. Bùi Mỹ Hạnh, Nguyễn Thị Thùy Trang. Đánh giá kết quả ứng dụng hệ thống trả lời kết quả tự động trong kỹ thuật đo chỉ số tim-mắt cá chân (CAVI) và chỉ số huyết áp cổ chân-cánh tay (ABI). *Tạp chí Y học Việt Nam*. 2020; 497(số đặc biệt): 19-26.

6. Bùi Mỹ Hạnh. Nghiên cứu xây dựng và triển khai hệ thống hỗ trợ chẩn đoán tự động lưu trữ và trả lời kết quả đo chức năng hô hấp cho hệ thống quản lý thông tin y tế. *Tạp chí Y học Việt Nam*. 2020; 497(số đặc biệt): 26-35.

7. Han SJ, Rutledge WC, Englot DJ, et al. The Presto 1000: A novel automated transcranial Doppler ultrasound system. *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*. 2015;

22(11): 1771-1775.

8. Thorpe SG, Thibeault CM, Canac N, et al. Toward automated classification of pathological transcranial Doppler waveform morphology via spectral clustering. *PloS one*. 2020; 15(2): e0228642.

9. Walsh KE, Razzaghi H, Hartley DM, et al. Testing the use of data drawn from the electronic health record to compare quality. *Pediatr Qual Saf*. 2021; 6(4): e432.

Summary

AUTOMATIC INTERPRETATION FOR TRANSCRANIAL DOPPLER (TCD) ULTRASOUND

The objective of this study was to develop an automated process for interpreting the results of transcranial doppler ultrasound. Javascript programming language was used to create functions for interpreting flow velocity in the arteries of the brain. In the trial period, 100 subjects were randomly assigned to undergo ultrasound and have their arterial flow velocity calculated using manual calculation or automated Javascript solution. For the application period, the Javascript solution was applied to ultrasound results of 43,134 subjects. Data is normalized and encoded as numbers and strings. The application interface is a digitized cerebral blood flow velocity measurement result sheet in the form of an HTML file. During the trial period, the reporting speed of the Javascript solution group was significantly faster ($23.6 \pm 3.1s$) than the manual group ($605.7 \pm 6.2s$) ($p < 0.001$). The overall accuracy of automated responses (100%) was significantly higher than manual responses (75%) ($p < 0.05$). The duration of automated results interpretation is shortened 25.6 times which saves 6,973 working hours, while also achieves 100% overall accuracy and stores 9.7 million data points in comparison to the manual process. This study has developed a viable automated solution to support the process of interpreting result in quick, reliable and efficient way and also creating a standard data set of cerebral blood flow velocity.

Keywords: Cerebral blood flow velocity, transcranial doppler ultrasound, automation, TCD report, health information system, electronic medical record.