

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

Nguyễn Thị Quỳnh Hoa

NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN GIẢI PHÁP THEO DÕI CHUYỂN
ĐỘNG MẮT HỖ TRỢ TRẺ RỐI LOẠN PHÁT TRIỂN

Ngành đào tạo: Khoa học máy tính

Mã số: 9480101

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC MÁY TÍNH

Hà Nội – 2026

MẪU TRANG BÌA 2 TÓM TẮT LUẬN ÁN
(Tóm tắt luận án in hai mặt kể cả bìa)

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

CB hướng dẫn chính: PGS.TS. Lê Thanh Hà

CB hướng dẫn phụ: TS. Ngô Thị Duyên

Phản biện: PGS. TS. Phạm Văn Cảnh

Đại học Phenikaa

Phản biện: PGS.TS. Trần Văn Công

Trường Đại học Giáo Dục, ĐHQGHN

Phản biện: PGS. TS. Trần Đăng Hưng

Đại học Công Nghiệp

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm luận án tiến sĩ họp tại

vào hồi giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Trung tâm Thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

**NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN GIẢI PHÁP THEO DÕI CHUYỂN
ĐỘNG MẮT HỖ TRỢ TRẺ RỐI LOẠN PHÁT TRIỂN**

Ngành đào tạo: Khoa học máy tính

Mã số: 9480101

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC MÁY TÍNH

Hà Nội – 2026

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

CB hướng dẫn chính: PGS.TS. Lê Thanh Hà

CB hướng dẫn phụ: TS. Ngô Thị Duyên

Phản biện: PGS. TS. Phạm Văn Cảnh

Đại học Phenikaa

Phản biện: PGS.TS. Trần Văn Công

Trường Đại học Giáo Dục, ĐHQGHN

Phản biện: PGS. TS. Trần Đăng Hưng

Đại học Công Nghiệp

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm luận án tiến sĩ họp tại

vào hồi giờ ngày tháng năm

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Trung tâm Thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ: NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN GIẢI PHÁP THEO DÕI CHUYỂN ĐỘNG MẮT HỖ TRỢ TRẺ RỐI LOẠN PHÁT TRIỂN

MỞ ĐẦU

Sự hội tụ giữa khoa học máy tính và giáo dục đặc biệt đã tạo ra những cơ hội để định lượng và hỗ trợ một cách khách quan sự phát triển nhận thức của trẻ em mắc các rối loạn phát triển. Theo truyền thống, việc đánh giá các rối loạn này chủ yếu dựa vào quan sát lâm sàng và các bài kiểm tra tĩnh, dẫn đến hạn chế trong việc nắm bắt các động lực nhận thức thực tế.

Nhằm khắc phục các thách thức đã nêu trên, luận án thực hiện nghiên cứu và đề xuất các giải pháp công nghệ, trong đó trọng tâm là công nghệ theo dõi chuyển động mắt để hỗ trợ giáo dục và can thiệp cho trẻ rối loạn phát triển. Mục tiêu này được cụ thể hóa thông qua ba hướng nghiên cứu chính, mỗi hướng giải quyết một nhiệm vụ tương ứng trong quy trình hỗ trợ. Thứ nhất, luận án đề xuất phương pháp xây dựng các bộ dữ liệu đa phương thức cho nhóm trẻ rối loạn phổ tự kỉ và nhóm trẻ rối loạn tính toán. Bộ dữ liệu này tích hợp thông tin chuyển động mắt cùng các hành vi phản hồi gồm giọng nói và dữ liệu tương tác phần mềm, tạo cơ sở thông tin đầu vào cho các thuật toán học máy nhằm phân loại đặc trưng hành vi và đánh giá trạng thái nhận thức ở các giai đoạn sau. Thứ hai, luận án đề xuất phương pháp trích xuất đặc trưng hành vi thị giác tự động từ dữ liệu điểm nhìn khi trẻ quan sát các khung hình động. Phương pháp này hỗ trợ ánh xạ dữ liệu điểm nhìn vào các vùng quan tâm trên từng khung hình, phục vụ trực tiếp cho việc phân tích và hỗ trợ can thiệp. Thứ ba, luận án kết hợp công nghệ theo dõi chuyển động mắt cùng các giải pháp kỹ thuật liên quan để đề xuất các phương pháp hỗ trợ can thiệp cá nhân hóa. Bài toán nghiên cứu được cụ thể hóa qua ba mục tiêu trọng tâm:

1. Xây dựng bộ dữ liệu đa phương thức làm cơ sở định lượng.
2. Trích xuất tự động đặc trưng hành vi thị giác trên các nội dung hiển thị thay đổi.
3. Đề xuất phương pháp hỗ trợ can thiệp cá nhân hóa dựa trên dữ liệu hành vi thị giác nhằm giảm tải nhận thức và điều phối nội dung học tập.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ THEO DÕI CHUYỂN ĐỘNG MẮT HỖ TRỢ TRẺ RỐI LOẠN PHÁT TRIỂN

Việc ứng dụng công nghệ theo dõi chuyển động mắt đã đạt được nhiều tiến bộ, nhưng vẫn tồn tại ba khoảng trống nghiên cứu chính:

- **Khoảng trống dữ liệu:** Các bộ dữ liệu hiện hành thiếu tính đồng bộ đa kênh (giọng nói, thao tác) và thường được thu thập trong môi trường tĩnh mang tính trừu tượng, tạo ra sự sai lệch so với bối cảnh tương tác tự nhiên của trẻ.
- **Rào cản kỹ thuật:** Việc phân tích dữ liệu trên các chuỗi khung hình động gặp khó khăn do sự biến thiên liên tục của các vùng quan tâm (AOI). Việc thiếu các thông số phản ánh tải nhận thức chủ động gây khó khăn trong việc thiết lập trọng số tương quan giữa hành vi thị giác và năng lực tư duy.
- **Giới hạn của cơ chế can thiệp:** Các hệ thống hiện tại vận hành theo hướng tiếp cận tĩnh hoặc tính chỉnh độ khó tuyến tính, không đủ khả năng xử lý sự biến thiên phức tạp trong nhận thức của nhóm trẻ rối loạn phát triển, dẫn đến sự mất đồng bộ với nhu cầu tiếp nhận thực tế.

CHƯƠNG 2. XÂY DỰNG BỘ DỮ LIỆU ĐA PHƯƠNG THỨC

Nhằm khắc phục sự phân tán của các nguồn dữ liệu lâm sàng, chương này trình bày khung quy trình thống nhất để xây dựng bộ dữ liệu đa phương thức cho nhóm trẻ rối loạn phát triển. Phương pháp luận của luận án tập trung vào việc xây dựng bộ dữ liệu đa phương thức thu thập từ trẻ rối loạn phát triển. Nội dung

chương tập trung vào hai nhóm trẻ: trẻ rối loạn phổ tự kỉ và trẻ rối loạn tính toán. Để bảo đảm tính nhất quán cho dữ liệu, luận án đề xuất và áp dụng khung quy trình thống nhất gồm bốn bước: thiết kế kịch bản, triển khai hệ thống, đồng bộ dữ liệu và tổ chức cơ sở dữ liệu. Bộ dữ liệu được xây dựng từ quy trình thu nhận đa luồng này cung cấp cơ sở tham chiếu thực chứng, đóng vai trò là đầu vào trực tiếp cho các thuật toán trích xuất đặc trưng thị giác ở chương tiếp theo.

Quy trình bao gồm bốn bước: thiết kế kịch bản, triển khai hệ thống, đồng bộ dữ liệu và tổ chức cơ sở dữ liệu. Hệ thống thiết lập cơ chế xử lý hướng sự kiện và kiểm soát sai số đồng bộ thời gian dưới mức 15 ms, nhằm đảm bảo tính nhất quán giữa các luồng thông tin: dữ liệu chuyển động mắt (tọa độ điểm nhìn, thời gian dừng mắt), dữ liệu âm thanh và dữ liệu nhật ký thao tác ứng dụng. Khối dữ liệu đồng bộ này loại bỏ các yếu tố gây nhiễu, đóng vai trò là cơ sở tham chiếu thực chứng cho các thuật toán học máy ở giai đoạn sau.

CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP TRÍCH XUẤT ĐẶC TRƯNG THỊ GIÁC TỰ ĐỘNG

Chương này đề xuất một phương pháp tiếp cận lai nhằm tự động hóa quy trình trích xuất đặc trưng thị giác từ luồng dữ liệu video động, khắc phục rào cản gán nhãn thủ công truyền thống. Khung thuật toán tích hợp ba thành phần chính:

- Thuật toán PeyeMMV thực hiện phát hiện điểm cố định ảnh nhìn, sử dụng ngưỡng phân tán không gian để loại bỏ nhiễu rung lắc.
- Mô hình phân đoạn hình ảnh bất kỳ (Segment Anything Model - SAM) thực hiện phân đoạn không gian vùng quan tâm theo cơ chế "Gợi ý và theo dõi" (Prompt-and-track) không cần dữ liệu huấn luyện (zero-shot).
- Kỹ thuật luồng quang học hỗ trợ bám sát sự dịch chuyển của các vùng mục tiêu trên trục thời gian.

Dựa trên tọa độ không gian (x, y, t), hệ thống tính toán và liên tục cập nhật ranh giới AOI, từ đó lượng hóa chuỗi tọa độ thô thành các tham số hành vi có ý nghĩa lâm sàng (như tỷ lệ thời gian dừng, độ trễ chú ý, entropy đường quét). Khi áp dụng vào mô hình SVM để phân loại đặc trưng hành vi của nhóm trẻ rối loạn phát triển, hệ thống ghi nhận độ chính xác cao, tạo tiền đề thiết lập hệ cơ sở luật logic cá nhân hóa.

CHƯƠNG 4. CÁC PHƯƠNG PHÁP CAN THIỆP CÁ NHÂN HÓA HỖ TRỢ TRẺ RỐI LOẠN PHÁT TRIỂN

Luận án áp dụng nguyên lý triển khai độc lập, phân tách kiến trúc tổng thể thành các phân hệ chức năng tương hỗ nhằm hỗ trợ tối đa cho nhóm trẻ rối loạn phát triển:

- **Phân hệ tương tác số:** Triển khai các nền tảng số hóa (như EzMath, EzRead) với giao diện vi mô thích ứng để giảm tải áp lực nhận thức ngoại lai.
- **Phân hệ phân tích sinh trắc học:** Cung cấp hệ cơ sở luật phân tích dữ liệu mắt trong thời gian thực để đưa ra các khuyến nghị điều chỉnh nội dung hiển thị tương thích.
- **Phân hệ mô hình tính toán:** Xây dựng khung đánh giá nhận thức dựa trên Mạng Bayes động đa phương thức (M-DBN) và đồ thị phân tích phụ thuộc nhiệm vụ. Việc đưa dữ liệu điểm nhìn thực tế vào hàm xác suất quan sát động của M-DBN giúp giải quyết vấn đề bất định danh của phương pháp truy vết kiến thức truyền thống.

Kiến trúc vòng lặp kép (vòng trong giảm tải nhận thức, vòng ngoài điều hướng đồ thị kỹ năng DAG) giúp hệ thống tự động xác định các lỗ hổng kiến thức gốc rễ. Kết quả tái phân tích tập dữ liệu theo thiết kế trường hợp đơn (SCED) và chỉ số thống kê Tau-U đạt mức 0,93, minh chứng cho khả năng duy trì tính ổn định của kỹ năng sau can thiệp và hiệu quả của việc cá nhân hóa lộ trình học tập.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Luận án đã hoàn thành các mục tiêu nghiên cứu thông qua việc tổng hợp và phân tích hệ thống các công trình về ứng dụng công nghệ theo dõi chuyển động mắt trong giáo dục đặc biệt. Từ việc tổng quan tài liệu theo tiến trình PRISMA, nghiên cứu đã đối sánh các phương pháp can thiệp hiện tại và xác định các khoảng trống tri thức trong quy trình xử lý tín hiệu thị giác. Đây là cơ sở để luận án phát triển các giải pháp hỗ trợ cá nhân hóa phù hợp với đặc điểm của trẻ rối loạn phát triển.

Để giải quyết các thách thức đã nhận nêu, luận án thực hiện thiết kế và triển khai các kiến trúc thu nhận tín hiệu thị giác và phân tích hành vi bao gồm:

- Quy trình thu thập dữ liệu chuyển động mắt đối với nhóm trẻ có rối loạn phổ tự kỉ.
- Quy trình tích hợp luồng dữ liệu đa phương thức đối với nhóm trẻ khó tính toán.

Kết quả của giai đoạn này đã xây dựng bộ dữ liệu hành vi thị giác, cung cấp cơ sở định lượng cho bài toán phân loại trẻ có nguy cơ rối loạn và xây dựng các phương án hỗ trợ can thiệp.

Đóng góp công nghệ tiếp theo của luận án là phương pháp xác định vùng quan tâm tự động trên khung hình động dựa trên sự kết hợp giữa thuật toán PeyreMMV, mô hình phân đoạn Segment Anything và kỹ thuật luồng quang học. Kiến trúc này hỗ trợ nhận diện vùng quan tâm động với chỉ số IoU trung bình đạt mức 0,8703 pm 0,1086, tối ưu hóa độ phức tạp thuật toán xuống mức tuyến tính và đạt tốc độ xử lý xấp xỉ 31,5 FPS nhằm đáp ứng các yêu cầu phản hồi trực tuyến. Các đặc trưng hành vi được trích xuất từ mô hình này hỗ trợ phân loại đặc trưng của trẻ rối loạn phổ tự kỉ với tỷ lệ chính xác đạt 92,73%.

Dựa trên các đặc trưng hành vi thị giác, luận án xây dựng hệ thống các phương pháp nhằm hỗ trợ cá nhân hóa lộ trình can thiệp. Các hướng tiếp cận này được triển khai song hành bao gồm:

- Cơ chế hệ luật suy diễn: Cung cấp khuyến nghị tới chuyên gia/nhà can thiệp hỗ trợ điều chỉnh can thiệp cho trẻ rối loạn phát triển dựa trên kết quả phân tích hành vi thị giác.
- Thuật toán hai vòng lặp: Kết hợp cơ chế truy vết ngược trên đồ thị phụ thuộc để hỗ trợ điều chỉnh cấu trúc bài tập dành cho trẻ có rối loạn tính toán.
- Mô hình mạng Bayes động: Ước lượng trạng thái nhận thức để tối ưu hóa hiển thị dành cho trẻ mắc chứng khó đọc.

Cuối cùng, các giải pháp ứng dụng công nghệ đã được triển khai thông qua hai nền tảng đại diện: ứng dụng web học tập thích ứng cho trẻ rối loạn tính toán và phần mềm di động hỗ trợ xử lý văn bản cho trẻ mắc chứng khó đọc. Kết quả thực nghiệm cho thấy các nền tảng đã đáp ứng các mục tiêu thiết kế ban đầu và thể hiện tiềm năng ứng dụng vào môi trường giáo dục đặc biệt.

Trong tương lai, nghiên cứu hướng tới việc phổ cập hóa công nghệ thông qua các giải pháp ước lượng điểm nhìn bằng camera thông thường, tích hợp mô hình ngôn ngữ lớn (LLM) để tạo sinh tự động các kịch bản tương tác động, và mở rộng đánh giá theo chiều dọc để theo dõi sự phát triển bền vững về tính dẻo thần kinh của nhóm trẻ rối loạn phát triển.

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC
CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN TỚI LUẬN ÁN**

a. Các công trình đã được công bố/đăng tải

1. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Thi-Xuan-Thu Le, Thi-Cam-Huong Nguyen, Thanh-Ha Le, and Thi-Duyen Ngo. EzRead: A Mobile-Based Approach for Vietnamese Children with Dyslexia. In: *Proceedings of the 2025 7th Asia Pacific Information Technology Conference (APIT '25)*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2025, pp. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1145/3726101.3726102>.
2. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Thi-Kieu-Chinh Nguyen, Thanh-Ha Le, and Thi-Duyen Ngo. Eye-Tracking Technology Applications for Supporting Individuals with Autism Spectrum Disorder: Insights, Challenges, and Opportunities. In: *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2025, 20(8), pp. 2630–2665. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2025.2531236>(WoS/SCOPUS Q1, IF: 2.1).
3. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Thi-Cam-Huong Nguyen, Thanh-Ha Le, and Thi-Duyen Ngo. EzMath: Developing Digital Methods, a Website-Based Approach to Support Teaching Mathematics to First-Grade Vietnamese Children with Dyscalculia. In: *Journal of Science Natural Science*, 2025, 70(3), pp. 83–94. DOI: <https://doi.org/10.18173/2354-1059.2025-0039>.
4. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Duy-Hai Nguyen, Tuan-Long Tran, Tan-Hai Nguyen, Thanh-Trung Dang, and Xuan-Hien Le. Improving Adaptive Learning by Incorporating Question Attributes: A System for Special Needs Education in Vietnam. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)*, Da Lat, Vietnam, 2025, pp. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/KSE68178.2025.11309532>.
5. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Duy-Hai Nguyen, Tuan-Long Tran, Thi-Trang Tran, and Van-Khoa Le. A Computational Framework for the

Personalized Remediation of Reading Difficulties Using Dynamic Bayesian Networks. In: *Proceedings of the 14th International Symposium on Information and Communication Technology (SoICT 2025)*, Nha Trang, Vietnam, 2025. (**Best Paper Award**)

DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-92-2590-3_8

6. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Duy-Hai Nguyen, Thanh-Ha Le, and Thi-Duyen Ngo. An Eye-Tracking System for Extracting and Visualizing Visual Features of Dyscalculia in Children. In: *Proceedings of the 14th International Symposium on Information and Communication Technology (SoICT 2025)*, Nha Trang, Vietnam, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-92-2590-3_31
7. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Tuan-Long Tran, Quang-Huy Trinh, and Thi-Duyen Ngo. Using Technology to Support Children with Dyscalculia in Pre-Primary and Primary School: Insights, Challenges, and Opportunities. In: *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2026, pp. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2026.2658104> (**WoS/SCOPUS Q1, IF: 2.1**).
8. Đơn đăng ký sáng chế đã được chấp nhận. Số đăng ký: 1-2024-07110. Tên sáng chế: “Phương pháp và hệ thống cung cấp thông tin về sự chú ý thị giác”
9. Báo cáo chuyên đề tại Diễn đàn Châu Á lần thứ nhất về hỗ trợ trẻ rối loạn phổ tự kỷ và trẻ rối loạn phát triển khác. Tên báo cáo: “Ứng dụng công nghệ theo dõi mắt để hiểu đặc điểm nhận thức và tối ưu hoá can thiệp cho trẻ rối loạn phổ tự kỷ”. Địa điểm: Hà Nội, Việt Nam, 06/03/2026.
10. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Duy-Hai Nguyen, Gia-Loc Tran, Thanh-Ha Le, and Thi-Duyen Ngo. Bridging the Data Gap: A Genetic Algorithm Approach Using Inverse Python Implementation of Eye Movement Metrics and Visualization Logic. *Applied Soft Computing*, 2026 (**WoS/SCOPUS Q1, IF: 7.8**). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2026.116328>

b. Các công trình đã nộp (Đang trong quá trình xét duyệt)

11. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Duc-Duy Le, Dang-Khoa Ta, Nu-Tam-An Nguyen, Thi-Cam-Huong Nguyen, Thanh-Ha Le, and Thi-Duyen Ngo. A Zero-Shot Segmentation Framework Using Eye-Tracking and the Segment Anything Model: Automated Extraction of Visual Biomarkers in Autism Spectrum Disorder. Submitted to *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2026 (**WoS/SCOPUS Q1**).

-
12. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Nu-Tam-An Nguyen, Thi-Cam-Huong Nguyen, Thanh-Hà Le, and Thi-Duyen Ngo. An automated eye-tracking framework: From semantic gaze mapping to human-in-the-loop optimization. Submitted to *Autism Research*, 2026 (**WoS/SCOPUS Q1**).
 13. **Thi-Quynh-Hoa Nguyen**, Thi-Duyen Ngo, Duy-Hai Nguyen, Tuan-Long Tran, and Van-Khoa Le. A dual-loop ITS architecture integrating TAD graph backtracking and adaptive format scaffolding: Optimizing literacy intervention. Submitted to *Journal of Computer Assisted Learning*, 2026 (**WoS/SCOPUS Q1**).