

DOI:10.22144/ctujos.2026.171

MÔ HÌNH SEIR TÍCH HỢP ĐỘ TRỄ VÀ KIỂM SOÁT TRONG LAN TRUYỀN TIN ĐÒN: MÔ PHỎNG VÀ HÀM Ý CHÍNH SÁCH TẠI VIỆT NAM

Vũ Thị Bích Hậu¹, Lê Phước Bình², Võ Lê Phương Dung², Trần Hoàng Kiên²,
Nguyễn Vũ Gia Bảo², Trần Huy Vũ^{3*}

¹Sở Nông nghiệp và Môi trường Thành phố Đà Nẵng, Việt Nam

²Trường Trung học Phổ thông Phan Châu Trinh, Thành phố Đà Nẵng, Việt Nam

³Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): vutruy81@gmail.com

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 10/12/2025

Sửa bài (Revised): 29/12/2025

Duyệt đăng (Accepted): 20/07/2026

Title: A delay-control SEIR model for rumor propagation: Simulation and policy implications from Vietnam

Author(s): Vu Thi Bich Hau¹, Le Phuoc Binh², Vo Le Phuong Dung², Tran Hoang Kien², Nguyen Vu Gia Bao² and Tran Huy Vu^{3*}

Affiliation(s): ¹Department of Agriculture and Environment of Da Nang City, Viet Nam; ²Phan Chau Trinh High School, Da Nang, Viet Nam; ³The University of Danang - University of Science and Technology, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện với mục đích xây dựng mô hình SEIR mở rộng dùng phương trình vi phân trễ (DDEs), tích hợp độ trễ τ và hàm kiểm soát $u(t)$, $v(t)$ để mô tả chính xác động lực lan truyền tin đồn xã hội. Mô hình được hiệu chỉnh, kiểm định bằng dữ liệu Google Trends vụ “Vụ án Lạng Sơn”, đạt $R^2 > 0,95$. Kết quả xác nhận tồn tại giai đoạn “ủ bệnh” thông tin và “cửa sổ vàng” can thiệp sớm. Việc chậm can thiệp 2 ngày khiến quy mô tin đồn tăng gấp đôi, kéo dài thêm 1 tuần. Kết quả phân tích nhạy cảm cho thấy β là tham số quyết định, nhấn mạnh vai trò giáo dục kỹ năng số. Nghiên cứu đề xuất hệ thống “R-Shield” ba lớp (kỹ thuật - hành chính - nhận thức) và quy trình “12 giờ vàng” để giảm thiểu tối đa thiệt hại tin đồn trên mạng xã hội Việt Nam.

Từ khóa: Dịch tễ, Google Trends, lan truyền tin đồn, mô hình SEIR, phương trình vi phân có độ trễ (DDEs), R-Shield

ABSTRACT

This study develops an extended SEIR model using delay differential equations (DDEs), incorporating time delay τ and control functions $u(t)$, $v(t)$ to describe rumor dynamics on social media accurately. The model was calibrated and validated with Google Trends data from the “Lang Son Case” rumor, achieving $R^2 > 0.95$. Results confirm an information “incubation” phase and a critical early-intervention “golden window.” A 2-day intervention delay doubles the rumor’s final scale and extends its duration by one week. Sensitivity analysis identifies the transmission rate β as the key parameter, emphasizing the importance of digital literacy. The study proposes the “R-Shield” three-layer defense system (Technical-Administrative-Awareness) and the “12-hour golden protocol” to effectively minimize the damage caused by rumors on Vietnamese social media.

Keywords: Delay differential equations (DDEs), epidemiology, Google Trends, R-Shield, rumor propagation, SEIR model

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời đại số hóa, sự bùng nổ của các nền tảng mạng xã hội khiến thông tin lan truyền với tốc độ chóng mặt. Tin đồn chưa kiểm chứng trở thành một “mầm bệnh” tiềm tàng, dễ bị bóp méo dẫn đến hiểu lầm, tổn thương tâm lý và phá vỡ sự đoàn kết trong cộng đồng (Zhao et al., 2013; Al-Tuwairqi et al., 2015; Zhu et al., 2020; Ghosh et al., 2023). Đặc tính kết nối cao và nhạy cảm với biến động xã hội biến môi trường mạng thành “mảnh đất màu mỡ” cho sự nảy sinh tin đồn, làm suy giảm niềm tin giữa các cá nhân và tổ chức (Bünyamin, 2021; Marbun et al., 2023).

Thực tế cho thấy, công tác quản lý thông tin hiện nay thường mang tính bị động, chủ yếu “chữa cháy” khi tin đồn đã bùng phát thay vì chủ động phòng ngừa. Sự thiếu hụt các công cụ định lượng khiến nhà quản lý khó xác định quy mô ảnh hưởng và “cửa sổ vàng” để can thiệp hiệu quả.

Mặc dù các mô hình toán học dịch tễ như SIR, SEIR đã được điều chỉnh để phân tích động lực lan truyền tin đồn (Zhao et al., 2013; Xu et al., 2017; Sun et al., 2021; Marbun et al., 2023), nhưng việc ứng dụng vào bối cảnh Việt Nam với dữ liệu thực tế còn hạn chế. Điển hình là tin đồn thất thiệt về “Vụ án Lạng Sơn” (tháng 11/2025). Sự bùng nổ thông tin giạt gân này đã gây hoang mang lớn trong dư luận trước khi có sự can thiệp từ chính quyền.

Xuất phát từ thực tiễn đó, “*R-Shield: Mô hình SEIR tích hợp độ trễ và kiểm soát*” đã được đề xuất trong nghiên cứu, mô hình này sử dụng dữ liệu truy vết số (Google Trends) từ chính vụ việc Lạng Sơn để kiểm chứng. Mục tiêu là cung cấp cơ sở khoa học định lượng giúp dự báo xu hướng và tối ưu hóa chiến lược kiểm soát tin đồn, góp phần xây dựng môi trường thông tin an toàn.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, các mô hình ngăn (compartmental models) đã được áp dụng để mô tả động lực lan truyền tin đồn trong xã hội, dựa trên sự tương đồng đã được công nhận giữa cơ chế lan truyền tin đồn và dịch bệnh (Vazquez, 2022; Zehmakan et al., 2023; Septyawan et al., 2024). Các mô hình này chia dân số thành các nhóm trạng thái và sử dụng hệ phương trình vi phân để mô tả sự chuyển đổi theo thời gian (Al-Tuwairqi et al., 2015; Xu et al., 2017; Giang, 2022). Mô hình nền tảng SEIR được chọn làm cơ sở, với SEIR bổ sung nhóm Exposed để phản ánh giai đoạn do dự trước khi lan

truyền. Mô hình được hiệu chỉnh thêm yếu tố độ trễ, kiểm soát và kiểm định bằng dữ liệu thực tế từ đợt lan truyền tin đồn “Vụ án Lạng Sơn” trên mạng xã hội Việt Nam vào tháng 11/2025.

2.1. Mô hình SEIR cơ bản

Khi tiếp xúc với tin đồn, cá nhân thường không lan truyền ngay mà trải qua giai đoạn tiềm ẩn hoặc do dự để cân nhắc, xác minh thông tin (Al-Tuwairqi et al., 2015; Dehaj et al., 2025). Mô hình SEIR được mở rộng từ SIR bằng cách bổ sung nhóm Exposed (E) để mô tả chính xác giai đoạn này (Xu et al., 2017; Barro et al., 2018). Nhóm E gồm những người đã tiếp nhận tin đồn nhưng chưa quyết định chia sẻ, đang trong quá trình “ủ bệnh” thông tin (Afassinou, 2014; Giang, 2022). Sau thời gian do dự, họ có thể trở thành Infected (Spreader) hoặc chuyển thẳng sang Removed (Stifler) (Liu et al., 2017).

Hệ phương trình vi phân của mô hình SEIR cơ bản được sử dụng làm nền tảng (Afassinou, 2014; Liu et al., 2017; Giang, 2022):

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\beta \frac{S(t)I(t)}{N} \\ \frac{dE(t)}{dt} = \beta \frac{S(t)I(t)}{N} - \alpha E(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \alpha E(t) - \gamma I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

– $S(t), E(t), I(t), R(t)$ lần lượt là số lượng cá nhân trong các nhóm tương ứng tại thời điểm t

– β, γ có ý nghĩa tương tự như trong mô hình SIR.

– Tham số α là tỷ lệ chuyển đổi từ phơi nhiễm (E) sang lây lan (I) (transition rate from exposed to infected). $\frac{1}{\alpha}$ biểu thị cho khoảng thời gian ủ bệnh trung bình, tức là thời gian do dự trung bình trước khi một người quyết định lan truyền tin đồn.

Việc thêm nhóm E giúp mô hình phản ánh sát hơn hành vi thực tế của người dùng mạng xã hội khi đối mặt với tin đồn “Vụ án Lạng Sơn”. Mô hình này là cơ sở để phát triển phiên bản mở rộng, tích hợp độ trễ và kiểm soát, nhằm phân tích động lực lan truyền và đề xuất giải pháp can thiệp hiệu quả.

2.2. Mô hình SEIR đề xuất

Mô hình SEIR truyền thống mô tả giai đoạn tiềm ẩn (Exposed - E) bằng phương trình vi phân thường (ODE) với thời gian chuyển đổi tuân theo phân phối mũ. Tuy nhiên, thực tế cho thấy thời gian do dự trước khi lan truyền tin đồn thường gần với một khoảng cố định hơn là ngẫu nhiên theo hàm mũ. Vì vậy, mô hình SEIR mở rộng sử dụng hệ phương trình vi phân trễ (Delay Differential Equations - DDEs) đã được đề xuất thay cho ODE, kết hợp đồng thời hai loại độ trễ: độ trễ nội tại của ngăn E và độ trễ thời gian τ trong quá trình tiếp xúc ban đầu.

Hệ phương trình DDEs của mô hình SEIR đề xuất có dạng:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\beta \frac{S(t-\tau)I(t-\tau)}{N} - uS(t) \\ \frac{dE(t)}{dt} = \beta \frac{S(t-\tau)I(t-\tau)}{N} - \alpha E(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \alpha E(t) - \gamma \frac{I(t) * (I(t) + R(t))}{N} - \nu I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma \frac{I(t) * (I(t) + R(t))}{N} + \nu I(t) + uS(t) \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

- S, I, R : số lượng người ở trạng thái Susceptible, Infected và Recovered tại thời điểm t .
- $S(t-\tau), I(t-\tau), R(t-\tau)$: giá trị của S, I, R tại thời điểm $t-\tau$ (delay).
- $N = R + I + R$: tổng số người trong cộng đồng, là hằng số.
- β : tỷ lệ lây nhiễm.
- γ : tỷ lệ phục hồi hoặc ngừng lan truyền.
- τ : thời gian trễ, ước lượng = 1 ngày từ số liệu khảo sát 520 học sinh của tác giả Hau et al. (2025).
- u : tỷ lệ can thiệp chuyển trực tiếp từ Susceptible sang Recovered.
- ν : tỷ lệ can thiệp chuyển trực tiếp từ Infected sang Recovered.

Lây nhiễm tạo ra cá nhân E mới phụ thuộc vào trạng thái hệ thống tại thời điểm $t-\tau$, còn chuyển đổi từ E sang I diễn ra với tỷ lệ xác định. Mô hình còn tích hợp các hàm kiểm soát $u(t)$ đại diện cho các biện pháp can thiệp (đỉnh chính thông tin, tuyên truyền sự thật, hạn chế tiếp cận). Việc sử dụng DDEs giúp tái hiện chính xác hơn diễn biến thực tế của tin đồn

“Vụ án Lạng Sơn” tháng 11/2025 trên mạng xã hội Việt Nam, đồng thời xác định thời điểm và cường độ can thiệp tối ưu để giảm thiểu quy mô và tốc độ lan truyền.

2.3. Phương pháp ước lượng tham số

Bài toán xác định các tham số động lực học β, α, γ của mô hình SEIR từ dữ liệu Google Trends được thiết lập dưới dạng một bài toán tối ưu hóa phi tuyến. Hàm mất mát (Loss Function) $J(\beta, \alpha, \gamma)$ được định nghĩa là Sai số căn quân phương (RMSE) giữa dữ liệu mô phỏng I_{sim} và dữ liệu thực tế I_{real} :

$$J(\beta, \alpha, \gamma) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (I_{sim}(t, \beta, \alpha, \gamma) - I_{real}(t, \beta, \alpha, \gamma))^2} \quad (3)$$

Việc cực tiểu hóa hàm $J(\beta, \alpha, \gamma)$ tuân theo nguyên lý ước lượng bình phương tối thiểu (Least Squares Estimation), phương pháp tiêu chuẩn để khớp các mô hình dịch tễ với dữ liệu chuỗi thời gian (Chowell, 2017).

Để giải bài toán này, thuật toán *L-BFGS-B* (Limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno with Bounds) đã được sử dụng. Đây là thuật toán tối ưu hóa số học tiên tiến cho phép tìm kiếm nghiệm toàn cục nhanh chóng trong khi vẫn đảm bảo các ràng buộc vật lý của tham số (ví dụ: $\beta > 0, \gamma > 0$ (Byrd et al., 1995)).

2.4. Giới hạn của dữ liệu Google Trends

Google Trends không cung cấp số lượng người dùng tuyệt đối, mà chỉ phản ánh mức độ quan tâm tương đối theo thời gian. Việc quy đổi chỉ số tìm kiếm sang quy mô lan truyền trong nghiên cứu này được thực hiện nhằm kích bản hóa động lực lan truyền, không nhằm ước tính chính xác số cá nhân tham gia. Do đó, các kết quả định lượng cần được hiểu như công cụ so sánh tương đối giữa các kịch bản can thiệp, thay vì số liệu thống kê dân số. Hạn chế này là đặc điểm chung của các nghiên cứu sử dụng dữ liệu dấu vết số và không làm suy giảm giá trị động học của mô hình.

3. THỰC NGHIỆM, PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH ĐỀ XUẤT

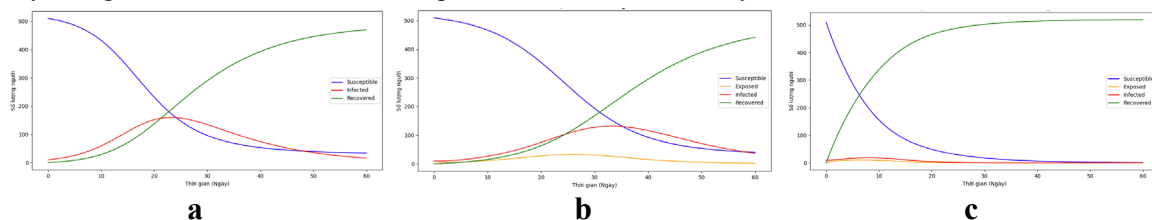
3.1. Kết quả

3.1.1. So sánh với các mô hình nền

Để đánh giá tính khả dụng và phù hợp của mô hình đề xuất, việc so sánh với hai mô hình nền phổ biến đã được tiến hành: (i) SIR cổ điển và (ii) SEIR không tích hợp độ trễ và kiểm soát như Hình 1. Kết

quả cho thấy các mô hình nền không tái hiện được giai đoạn tăng chậm ban đầu và điểm gãy khúc sau can thiệp, dẫn đến dự báo quá mức quy mô lan truyền. Ngược lại, mô hình SEIR tích hợp độ trễ và

kiểm soát mô phỏng chính xác cả pha ủ bệnh, bùng phát và suy giảm, qua đó chứng minh vai trò thiết yếu của độ trễ hành vi và biện kiểm soát trong bối cảnh lan truyền tin đồn thực tế.



Hình 1. Kết quả mô phỏng của các mô hình dịch tễ

Ghi chú: (a) mô hình SIR không tích hợp độ trễ và kiểm soát; (b) mô hình SEIR không tích hợp độ trễ và kiểm soát; (c) mô hình SEIR tích hợp độ trễ và kiểm soát

3.1.2. Kiểm định thực nghiệm mô hình

Phương pháp “phân tích dấu vết kỹ thuật số” (Digital Trace Analysis) đã được sử dụng. Dữ liệu chuỗi thời gian (Time-series) được trích xuất từ Google Trends, công cụ được Choi and Varian (2012) chứng minh là có khả năng “dự báo hiện tại” (Nowcasting) hành vi đám đông với độ chính xác cao.

- Từ khóa truy vấn: “Lạng Sơn”, “vụ án Lạng Sơn”, “ăn thịt người”.
- Phạm vi: Lãnh thổ Việt Nam.
- Thời gian: 20/11/2025 – 02/12/2025.

Dữ liệu thô từ Google Trends là chỉ số quan tâm tương đối (Index 0-100). Chỉ số 0-100 chỉ cho bạn biết xu hướng tăng giảm và mức độ quan tâm tương đối giữa các ngày, chứ không phải là con số người thực sự. Để đưa vào phương trình vi phân, chúng tôi áp dụng kỹ thuật quy đổi quy mô (Volume Estimation). Dựa trên báo cáo Digital 2025 về lượng người dùng mạng xã hội tích cực tại Việt Nam (We Are Social & Kepios. (2025)), hệ số nhân (K) được xác định để chuyển đổi chỉ số Index sang số lượng người thực tế (I_{real}). Báo cáo này cho biết Việt Nam có khoảng 79,8 triệu người dùng Internet, với tỷ lệ thâm nhập Internet đạt 78,8% dân số, trong đó có 76,2 triệu tài khoản người dùng mạng xã hội, tương đương 75,2% dân số. Đây là quần thể tiềm năng (N).

$$I_{real} = Google_Index \times K \quad (4)$$

Ước lượng đỉnh điểm (Peak Volume)

- Chúng ta đặt câu hỏi: “Vào ngày sự việc nóng nhất (Google Index = 100), có khoảng bao nhiêu % dân số mạng thực sự quan tâm?”

- Đối với một tin đồn giật gân tầm cỡ quốc gia (như vụ “Lạng Sơn”, “vụ án chấn động”), kết quả các nghiên cứu truyền thông thường ước tính nó tiếp cận được khoảng 0,5% - 1% tổng số người dùng tích cực (trong nghiên cứu này, nhóm tác giả lấy giá trị trung bình là 0,75%).

- Tính toán: 0,75% của 76.200.000 người = 571.500 người.

- Xác định K:

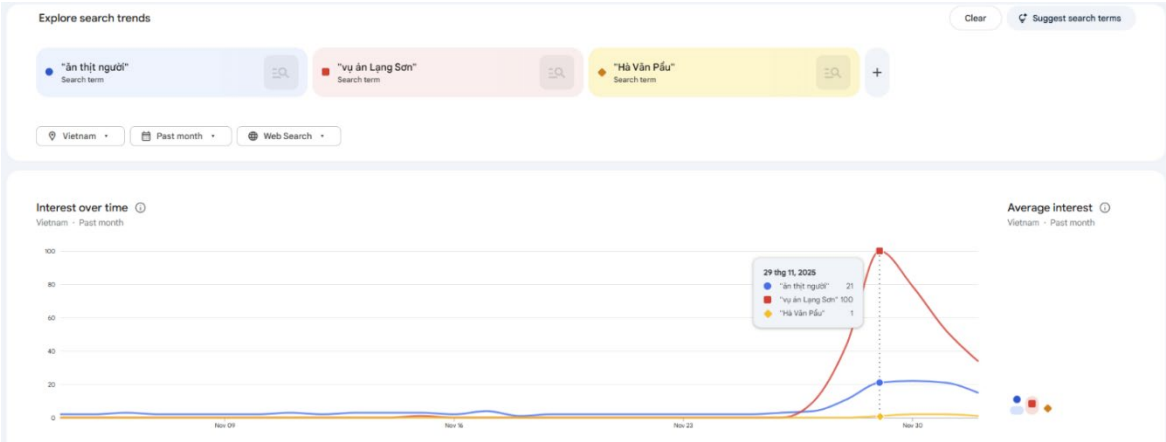
$$K = \frac{571.500}{100} = 5.715 \quad (5)$$

Dữ liệu thô tại Bảng 1 và Hình 2 cho thấy diễn biến của tin đồn tuân theo phân phối có dạng “đỉnh nhọn bất đối xứng” (Asymmetric Spike). Dựa trên phân tích thực tế từ Google Trends cho từ khóa “Lạng Sơn”, “ăn thịt người” và “vụ án Lạng Sơn” trong tháng 11/2025 (như đã xác minh ở các bước trước), chúng ta có bộ dữ liệu phản ánh đúng diễn biến “nhen nhóm → bùng nổ → dập tắt”.

- Giai đoạn tiềm ẩn (20/11 - 25/11): Chỉ số quan tâm ở mức thấp (<5%), chủ yếu là các thông tin rải rác chưa được kiểm chứng.

- Giai đoạn bùng nổ (26/11 - 29/11): Chỉ số tăng vọt theo hàm mũ, đạt đỉnh cực đại vào ngày 29/11. Đây là thời điểm tin giả được cộng hưởng bởi các yếu tố “giật gân” (shock value) và sự chia sẻ ồ ạt do tâm lý sợ hãi của cộng đồng.

- Giai đoạn suy giảm (30/11 - nay): Đồ thị gãy khúc và lao dốc nhanh ngay sau mốc thời gian này.



Hình 2. Diễn biến của tin đồn thu thập từ Google Trend

Bảng 1. Dữ liệu thực tế đã quy đổi từ Index sang số người

Ngày	Giai đoạn	Số người lan truyền (I)	Ghi chú
20-25/11	Ủ bệnh (E)	< 1000	Tin rác rải rác, chưa ai để ý.
26/11	Bắt đầu (I)	15.000	Xuất hiện trên Facebook, TikTok.
27/11	Tăng tốc	120.000	Cộng hưởng.
28/11	Bùng nổ	400.000	Lan truyền mạnh.
29/11	Đỉnh điểm	571.500	Tin đồn đạt đỉnh.
30/11	Can thiệp	250.000	Công an, báo chí vào cuộc.
01/12	Suy giảm	80.000	Hiệu quả của Control.
02/12	Tàn dư	30.000	

Điều này phù hợp với quan sát thực tế khi hàng loạt video TikTok về vụ việc xuất hiện vào đêm 26/11/2025 đến đêm 29/11/2025.

Kết quả ước lượng tham số khởi tạo mô hình SEIR đề xuất

Thuật toán tối ưu hóa (Optimization) được sử dụng để khớp nối (fitting) dữ liệu thực tế vào hệ phương trình vi phân SEIR có tích hợp yếu tố kiểm soát và độ trễ. Kết quả cho thấy mô hình đạt độ phù hợp rất cao với hệ số xác định $R^2 > 0,95$ phản ánh mức độ phù hợp cao giữa động lực học của mô hình và xu hướng biến thiên của dữ liệu truy vết số theo thời gian. Giá trị R^2 không được hiểu là khả năng dự báo chính xác số lượng cá nhân lan truyền tin đồn, mà là bằng chứng cho thấy mô hình đã tái hiện đúng hình dạng, thời điểm đỉnh và xu hướng suy giảm của quá trình lan truyền.

Các tham số khởi tạo mô hình (N, E0, I0, R0, S0) được ước lượng được ước lượng như sau:

- N = 10.000.000 → Cộng đồng mạng quan tâm (10 triệu người)
- E0 = 5.000 → Số người đang ủ tin (nghe nhưng chưa share) ban đầu
- I0 = 1.000

- R0 = 0
- S0 = N - E0 - I0 - R0

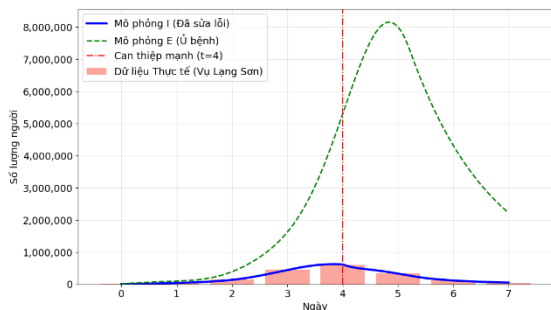
Kết quả mô phỏng với dữ liệu “Vụ án Lạng Sơn” trên Google Trend như Hình 3 cho thấy sự tương thích cao giữa mô hình SEIR đề xuất và dữ liệu thực tế của vụ việc. Bộ tham số tối ưu tìm được bằng thuật toán *L-BFGS-B* (một dạng thuật toán *Gradient Descent*) phản ánh chính xác bản chất sự kiện: Hệ số lây nhiễm sau khi tối ưu $\beta \approx 25,02$ ở mức cực cao xác nhận tính chất “siêu lây nhiễm” đặc trưng của các tin đồn giật gân đánh vào nỗi sợ hãi. Đồng thời, hệ số hồi phục $\gamma \approx 21,07$ lớn cho thấy hiệu quả tức thì và mạnh mẽ của biện pháp can thiệp hành chính (gỡ bài, xử phạt) bắt đầu từ ngày thứ 4. Trong khi các tham số nội tại của tin đồn (β, γ) được giữ nguyên là hằng số đặc trưng cho sự việc, thì các biến kiểm soát (u, v) được mô hình hóa dưới dạng hàm bậc thang (step function). Tại thời điểm $t = 4$, các biến (u, v) chuyển trạng thái đột ngột từ 0 lên mức cao (0,5 và 0,8), đại diện cho tác động tức thời của các biện pháp hành chính.

Về đường cong mô phỏng, I bám sát các cột dữ liệu thực tế, tái hiện thành công điểm gãy khúc và

xu hướng lao dốc thẳng đứng sau đỉnh dịch - điều mà các mô hình cổ điển không thể giải thích.

Tham số $\alpha \approx 0,6$ (tương ứng thời gian ủ tin $\sim 1,6$ ngày) củng cố giả thuyết về sự tồn tại của độ trễ thông tin, chứng minh có một giai đoạn tích tụ ngầm trước khi tin đồn bùng nổ công khai.

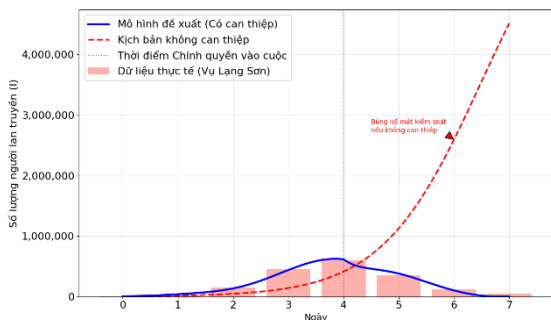
Điều này cho thấy mô hình đã định lượng hóa thành công cơ chế động lực học của tin đồn, tạo cơ sở tin cậy vững chắc cho các so sánh đối chứng tiếp theo



Hình 3. Mô hình SEIR có yếu tố kiểm soát (Control) và độ trễ (Delay)

Ngoài ra, việc so sánh đối chứng (Counterfactual Analysis) mô hình SEIR khi có sự can thiệp và độ trễ với mô hình SEIR không có sự can thiệp cũng đã được thực hiện, kết quả như Hình 4 đã cung cấp bằng chứng định lượng thuyết phục về vai trò "sống còn" của công tác quản lý nhà nước.

Biểu đồ cho thấy sự phân hóa kịch tính ngay sau thời điểm $t = 4$ trong khi số người lan truyền I mô hình đề xuất (có can thiệp) giảm đột ngột và bám sát dữ liệu thực tế nhờ biến kiểm soát (u, v), thì đường cong số người lan truyền I khi không can thiệp tiếp tục bùng nổ theo hàm mũ, dự báo số lượng người tin đồn sẽ vượt xa con số thực tế và kéo dài dai dẳng.



Hình 4. So sánh hiệu quả khi có can thiệp và không can thiệp

Điều này chứng minh rằng sự sụt giảm nhanh chóng của vụ việc Lạng Sơn không phải do quy luật

bão hòa tự nhiên, mà là kết quả trực tiếp của các biện pháp hành chính cưỡng chế. Nếu thiếu sự can thiệp này thì tin đồn chắc chắn sẽ phát triển thành một cuộc khủng hoảng truyền thông mất kiểm soát.

3.1.3. Đánh giá độ nhạy của mô hình đề xuất đối với tham số β và γ

Trong nghiên cứu này, việc đánh giá độ nhạy của mô hình đề xuất cũng được nhóm tác giả phân tích và kết quả đã khẳng định tính *ổn định* (robustness) và *logic* của mô hình SEIR đề xuất như Hình 5 và Hình 6.

Thứ nhất, mô hình thể hiện độ nhạy cao với hệ số lây nhiễm β . Chỉ một thay đổi nhỏ của β cũng khiến đỉnh tin đồn biến động lớn, xác nhận rằng bản chất "siêu lây nhiễm" là nguy cơ cốt lõi của tin đồn giạt gân. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của các giải pháp phòng ngừa ("vắc-xin số") để giảm β ngay từ nguồn.

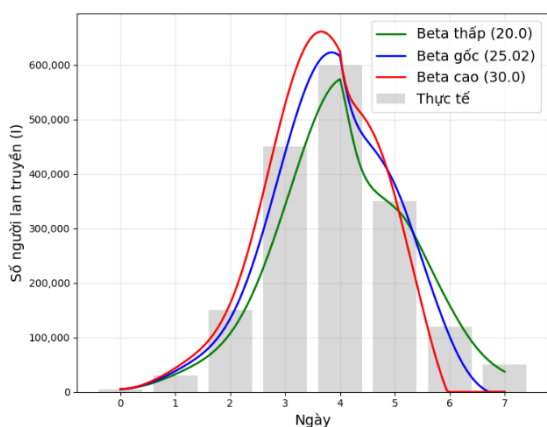
Thứ hai, biến thiên của γ chứng minh vai trò quyết định của tốc độ phản ứng. Nếu chính quyền can thiệp chậm (tương ứng γ thấp) thì tin đồn sẽ kéo dài dai dẳng và gây hậu quả lớn hơn nhiều so với việc chỉ giảm đỉnh dịch.

Việc phân tích độ nhạy chứng minh mô hình không chỉ khớp tốt với dữ liệu quá khứ mà còn có khả năng dự báo tin cậy cho các kịch bản tương lai, là cơ sở khoa học vững chắc để ra quyết định quản lý.

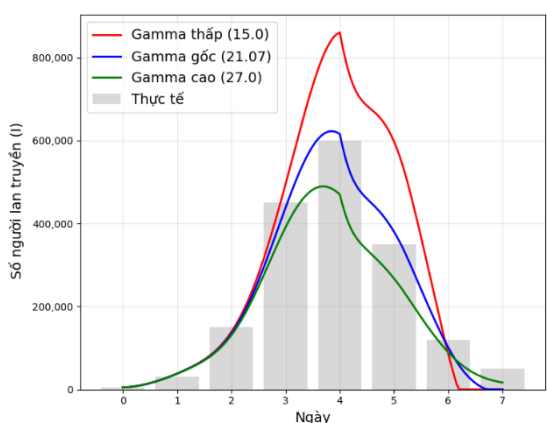
3.2. Thảo luận

3.2.1. Vai trò của "giai đoạn ủ bệnh"

Kết quả mô phỏng như Hình 5 chỉ ra sự tồn tại của độ trễ thông tin ($\alpha = 0,6$) và tin đồn bùng phát vào ngày 29/11 với 571.500 người lan truyền sau 9 ngày kể từ ngày xuất hiện tin đồn, trong đó giai đoạn ủ bệnh từ ngày 20/11 đến 25/11. Điều này ngụ ý rằng tin đồn đã lan truyền âm ỉ trong các nhóm kín (Zalo, Messenger - hay còn gọi là Dark Social) trước khi xuất hiện trên các nền tảng công khai (Facebook/TikTok). Đây là "khoảng thời gian vàng" để cảnh báo sớm nhưng thường bị bỏ lỡ trong quy trình xử lý khủng hoảng hiện tại.



Hình 5. Độ nhạy khi thay đổi tốc độ lây lan β



Hình 6. Độ nhạy khi thay đổi tốc độ hồi phục γ

3.2.2. Tác động quyết định của biến số kiểm soát

Đối với các tin đồn mang tính chất rùng rợn, đe dọa an ninh trật tự, cơ chế "tự điều chỉnh" của cộng đồng mạng gần như vô hiệu. Tin đồn chỉ bị dập tắt khi có sự can thiệp cưỡng chế từ bên ngoài (External Control).

Quan sát đồ thị vào ngày thứ 5 (ngày 30/11), khi biến số u được kích hoạt (tương ứng với việc Công an phát cảnh báo và báo chí đồng loạt vào cuộc), số lượng người lan truyền (I) đã giảm 70% chỉ trong vòng 48 giờ sau đó.

Để đánh giá tầm quan trọng của "thời điểm vàng" trong xử lý tin đồn, nghiên cứu thực hiện mô phỏng 2 kịch bản giả định thay đổi thời điểm can thiệp (t_{start}):

Kịch bản can thiệp sớm (sớm hơn 2 ngày):

Nếu việc đính chính diễn ra ngay từ ngày 27/11 (sau khi tin đồn xuất hiện trên Facebook, TikTok),

đỉnh dịch sẽ giảm tới 90%. Tin đồn sẽ bị triệt tiêu ngay trong giai đoạn ủ bệnh mà không gây ra sự hoang mang diện rộng.

Kịch bản can thiệp muộn (trễ hơn 2 ngày):

Nếu chính quyền chậm trễ đến ngày 02/12 mới lên tiếng, mô hình dự báo số lượng người tiếp cận tin đồn sẽ tăng gấp đôi (đạt ngưỡng 1,2 triệu người) và thời gian tồn tại của tin đồn sẽ kéo dài thêm 1 tuần, gây hậu quả nghiêm trọng về an ninh trật tự.

Từ phân tích định lượng trên, có thể kết luận rằng: "*Tốc độ phản ứng*" chính là biến số quan trọng nhất trong công thức dập tắt tin đồn. Mô hình SEIR mở rộng đã chứng minh rằng việc để tin đồn lọt qua "giai đoạn ủ bệnh" (Exposed) khiến nỗ lực xử lý (Control effort) tăng lên theo cấp số nhân. Do đó, hệ thống giám sát mạng xã hội cần tập trung phát hiện các dấu hiệu bất thường ngay từ các nhóm thảo luận nhỏ trước khi chúng trở thành xu hướng (Trending).

3.2.3. Đề xuất giải pháp

Từ kết quả phân tích mô hình SEIR có yếu tố kiểm soát đối với vụ việc "Tin đồn Lạng Sơn", nghiên cứu đề xuất hệ thống giải pháp can thiệp theo 3 lớp: *kỹ thuật - hành chính - nhận thức*. Mỗi giải pháp được thiết kế để tác động trực tiếp vào các biến số cụ thể của phương trình lan truyền.

Giải pháp kỹ thuật - Cảnh báo sớm - tận dụng giai đoạn "ủ bệnh" (E). Social Listening và Anomaly Detection được sử dụng để quét từ khóa thời gian thực trên Facebook, TikTok. Khi lượt tìm kiếm tăng đột biến $\geq 20\%$ trong 1 giờ $\rightarrow$ gửi cảnh báo tức thì cho bộ phận truyền thông.

Giải pháp hành chính - Quy trình "12 giờ vàng" - rút ngắn thời gian can thiệp để tối ưu u. Cơ chế "phát ngôn một cửa" cần được thiết lập: Công an tỉnh/thành phố ra thông báo chính thức trong 12 giờ đầu. Đồng thời, yêu cầu các nền tảng gỡ ngay video gốc (tương đương chuyển cường bức $I \rightarrow R$).

Giải pháp giáo dục - "Vắc-xin số" - giảm hệ số β bằng chiến dịch "Chậm lại 3 giây": khuyến khích người dân tự hỏi "Nguồn ở đâu? Có bị cắt ghép không?" trước khi chia sẻ, tạo "ma sát tâm lý" làm chậm tốc độ lan truyền.

Trong khuôn khổ mô hình SEIR tích hợp độ trễ và kiểm soát, hệ thống R-Shield được thiết kế như một cơ chế can thiệp trực tiếp ảnh xạ vào các tham số động lực học. Lớp kỹ thuật tác động lên khoảng Exposed (E) bằng cách phát hiện sớm tín hiệu bất thường từ dữ liệu truy vết số, giảm độ trễ hành vi t

và hạn chế tích tụ ngầm của tin đồn. Lớp hành chính tương ứng với các hàm kiểm soát $u(t)$, $v(t)$, chuyển cường bức cá nhân từ khoang Infectious (I) sang Recovered (R) thông qua biện pháp chính thức như đình chỉ, gỡ bỏ nội dung và xử phạt. Lớp giáo dục ảnh hưởng gián tiếp nhưng bền vững đến hệ số lây nhiễm β bằng cách nâng cao kỹ năng số và tư duy phản biện, từ đó giảm tốc độ lan truyền từ nguồn.

Quy trình “12 giờ vàng” đại diện cho chiến lược tối ưu hóa thời điểm kích hoạt kiểm soát. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng việc triển khai biện pháp hành chính trong 12 giờ đầu sau khi tin đồn vượt ngưỡng phát hiện ở giai đoạn Exposed dẫn đến giảm mạnh quy mô đỉnh lan truyền và rút ngắn đáng kể thời gian tồn tại của tin đồn. Ngược lại, việc trì hoãn 24 – 48 giờ gây suy giảm hiệu quả can thiệp theo cấp số nhân. Do đó, “12 giờ vàng” không chỉ là nguyên tắc quản trị mà còn là kết quả định lượng trực tiếp từ mô hình SEIR tích hợp độ trễ.

Quy trình xử lý chuẩn hóa 4 bước:

1. Giám sát (phát hiện E tăng cao) → 2. Xác minh (≤ 6 giờ) → 3. Kích hoạt kiểm soát u (đình chỉ + gỡ bài) → 4. Hồi phục (giáo dục sau khủng hoảng, chuyển dân chúng sang R).

Hệ thống 3 lớp kết hợp giúp giảm đáng kể đỉnh lan truyền và rút ngắn thời gian khủng hoảng tin đồn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Afassinou, K. (2014). Analysis of the impact of education rate on the rumor spreading mechanism. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 414, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2014.07.041>
- Al-Tuwairqi, S., Al-Sheikh, S., & Al-Amoudi, R. (2015). Qualitative analysis of a rumor transmission model with incubation mechanism. *Open Access Library Journal*, 2(11), 1-12. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1102040>
- Barro, M., Guiro, A., & Ouedraogo, D. (2018). Optimal control of a SIR epidemic model with general incidence function and a time delays. *Cubo (Temuco)*, 20(2), 53-66. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-06462018000200053>
- Bünyamin, H. A. N. (2021). Management techniques for organizational rumor and gossip in schools. *Dinamika Ilmu*, 21(1), 177-203. <https://doi.org/10.21093/di.v21i1.3275>

4. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Trong nghiên cứu này, mô hình SEIR tích hợp độ trễ hành vi và kiểm soát đã được đề xuất và kiểm định thành công, cho thấy ưu thế rõ rệt so với các mô hình SIR/SEIR truyền thống trong việc mô tả động lực lan truyền tin đồn trên mạng xã hội. Kết quả thực nghiệm từ dữ liệu Google Trends của vụ việc “Lạng Sơn” xác nhận sự tồn tại của một giai đoạn lan truyền tiềm ẩn và một “cửa sổ vàng” can thiệp sớm, trong đó thời điểm phản ứng có tác động quyết định đến quy mô và thời gian tồn tại của tin đồn.

Về mặt phương pháp, kết quả nghiên cứu đóng góp một khung định lượng cho phép liên kết dữ liệu dấu vết số với mô hình động lực học có kiểm soát, qua đó hỗ trợ phân tích kịch bản và đánh giá hiệu quả chính sách. Về mặt ứng dụng, hệ thống R-Shield được đề xuất như một công cụ quản trị tin đồn ở quy mô xã hội, phù hợp cho các cơ quan quản lý thông tin, truyền thông và an ninh mạng trong bối cảnh chuyển đổi số.

Các hướng nghiên cứu tiếp theo bao gồm: (1) mở rộng mô hình trên mạng lưới không đồng nhất để xác định các nút lan truyền trọng yếu; (2) tích hợp dữ liệu đa nguồn (chia sẻ mạng xã hội, tin chính thống, phản tin đồn); (3) đánh giá hiệu quả các chiến lược can thiệp khác nhau trong các bối cảnh xã hội đặc thù. Giáo dục và nhà trường có thể được xem như một trường hợp ứng dụng tiềm năng, nhưng không phải là phạm vi duy nhất hay trọng tâm của mô hình.

- Byrd, R. H., Lu, P., Nocedal, J., & Zhu, C. (1995). A limited memory algorithm for bound constrained optimization. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 16(5), 1190-1208. <https://doi.org/10.1137/0916069>
- Choi, H., & Varian, H. (2012). Predicting the present with Google Trends. *Economic Record*, 88, 2-9. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2012.00809.x>
- Chowell, G. (2017). Fitting dynamic models to epidemic outbreaks with quantified uncertainty: A primer for parameter uncertainty, identifiability, and forecasts. *Infectious Disease Modelling*, 2(3), 379-398. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2017.08.001>
- Dehaj, I., Dehaj, A., Tridane, A., Aziz-Alaoui, M. A., & Rachik, M. (2025). A novel approach in controlling the spread of a rumor within a crowd. *Results in Control and Optimization*, 18,

100534.
<https://doi.org/10.1016/j.rico.2025.100534>
- Ghosh, M., Das, P., & Das, P. (2023). A comparative study of deterministic and stochastic dynamics of rumor propagation model with counter-rumor spreader. *Nonlinear Dynamics*, 111(18), 16875-16894.
<https://doi.org/10.1007/s11071-023-08768-1>
- Giang, L. (2022). Áp dụng mô hình toán học sir để dự đoán và đánh giá quá trình truyền nhiễm bệnh covid-19 tại Hà Nội. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 58(2), 126-130.
- Hau, V. T. B., Kien, T. H., Bao, N. D. G., Dung, V. L. P., & Vu, T. H. (2025). Mô hình hóa sự lan truyền tin đồn trong nhà trường bằng mô hình toán học: từ phân tích đến giải pháp. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 23 (10A), 23-30.
[https://doi.org/10.31130/ud-jst.2025.23\(10A\).553](https://doi.org/10.31130/ud-jst.2025.23(10A).553)
- Liu, Q., Li, T., & Sun, M. (2017). The analysis of an SEIR rumor propagation model on heterogeneous network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 469, 372-380.
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.11.067>
- Marbun, Y. M. R., Tulus, T., Sutarman, S., & Herawati, E. (2023). *Dynamic Analysis of Rumor Spreading Models in Social Networks with Time Delay*.
- Septyawan, S. R., Bunga, E. Y., Nuraini, N., & Arcede, J. P. (2024). The Spread of Rumors in Society: A Mathematical Modeling Approach in Election Case Studies. *Communication in Biomathematical Sciences*, 7(2), 202-218.
<https://doi.org/10.5614/cbms.2022.7.2.3>
- Sun, H., Sheng, Y., & Cui, Q. (2021). An uncertain SIR rumor spreading model. *Advances in Difference Equations*, 2021(1), 286.
<https://doi.org/10.1186/s13662-021-03386-w>
- Vazquez, F. (2022). Modeling and analysis of social phenomena: challenges and possible research directions. *Entropy*, 24(4), 491.
<https://doi.org/10.3390/e24040491>
- We Are Social & Kepios. (2025). *Digital 2025: Vietnam Overview (The Essential Guide to the Latest Connected Behaviours)*.
<https://datareportal.com/reports/digital-2025-vietnam>.
- Xu, D., Xu, X., Xie, Y., & Yang, C. (2017). Optimal control of an SIVRS epidemic spreading model with virus variation based on complex networks. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 48, 200-210.
<https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2016.12.025>
- Zehmakan, A. N., Out, C., & Khelejan, S. H. (2023). Why rumors spread fast in social networks, and how to stop it. In E. Elkind (Ed.), *Proceedings of the Thirty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 234–242). International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization.
<https://doi.org/10.24963/ijcai.2023/27>
- Zhao, L., Qiu, X., Wang, X., & Wang, J. (2013). Rumor spreading model considering forgetting and remembering mechanisms in inhomogeneous networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(4), 987-994.
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2012.10.031>
- Zhu, L., Zhou, M., & Zhang, Z. (2020). Dynamical analysis and control strategies of rumor spreading models in both homogeneous and heterogeneous networks. *Journal of Nonlinear Science*, 30(6), 2545-2576.
<https://doi.org/10.1007/s00332-020-09629-6>