

## Sử dụng phương pháp ENA phân tích hoạt động nhận thức của sinh viên sư phạm về thí nghiệm vật lý phổ thông trong bối cảnh hậu Covid-19

### Using the Epistemic Network Analysis (ENA) to analyze the cognitive activity of pedagogical students on high school physics experiments in the post-Covid-19 context

Tạ Thanh Trung<sup>1\*</sup>, Nguyễn Triệu Việt<sup>2</sup>, Đỗ Hạnh Ngân<sup>1</sup>, Nguyễn Hoài Nam<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường THCS-THPT Đinh Thiện Lý, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư Phạm Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ, Email: trungttphysics@gmail.com

#### THÔNG TIN

#### TÓM TẮT

DOI: 10.46223/HCMCOUJS.soci.vi.18.1.2635.2023

Ngày nhận: 13/02/2023

Ngày nhận lại: 30/04/2023

Duyệt đăng: 08/05/2023

*Từ khóa:*

ENA; năng lực thực hành thí nghiệm; sinh viên sư phạm; thí nghiệm vật lý phổ thông

*Keywords:*

ENA; experimental competence; pedagogical student; general physics experiments

Trong bối cảnh hậu đại dịch Covid-19, hoạt động đánh giá nhận thức sinh viên qua các hình thức diễn đạt bằng ngôn ngữ nói trực tiếp bị hạn chế và thường được các giảng viên khắc phục bằng việc tổ chức cho người học trao đổi trên các diễn đàn trực tuyến. Mục đích của bài báo này là cung cấp một hướng dẫn về phân tích mạng nhận thức (ENA - Epistemic Network Analysis), một phương pháp mới để định lượng, hiển thị, giải thích thông tin của mạng, dựa trên bộ dữ liệu diễn ngôn thể hiện nhận thức của sinh viên sư phạm vật lý - Trường Đại học Sư Phạm Thành phố Hồ Chí Minh. Các diễn ngôn này được thu nhận qua quá trình thảo luận, nghiên cứu các bài thực hành thí nghiệm vật lý phổ thông trên diễn đàn trực tuyến. Với 115 đoạn diễn ngôn có giá trị phân tích, kết quả sơ đồ mạng ENA được trực quan hóa phản ánh các nút nhận thức mà sinh viên sư phạm vật lý thường xuyên biểu hiện qua các hoạt động diễn ngôn khi thực hiện trong các cuộc thảo luận trực tuyến về các thí nghiệm vật lý phổ thông. Bên cạnh đó, kết quả kiểm định phi tham số Mann-Whitney về biểu đồ mạng cũng chỉ ra sự khác biệt đáng kể về hoạt động nhận thức của các nhóm sinh viên thực hành theo hình thức nhóm đôi và hình thức cá nhân.

#### ABSTRACT

In the post-Covid-19 pandemic context, assessing and evaluating university students' knowledge constructions process and their cognitive interactions through direct verbal expressions have had limited. To deal with this problem, lecturers have organized discussions on different online platforms. In this article, we provide a guide to using cognitive network analysis (ENA), a novel method for quantifying, displaying, and interpreting network information based on a coded data set. To accomplish this, we considered the discourse of students from the Department of Physics at Ho Chi Minh City University of Education by

discussing and researching general physics experiments online. By adapting ENA to analyze 115 discourse segments of students, the results from the visualized network diagrams reflect the cognitive nodes that students frequently manifest through online discussions. Furthermore, the Mann-Whitney non-parametric test on the network graphs also shows a significant difference in the mental interactions of the groups of students who practice in pairs and individuals.

## 1. Giới thiệu

Phân tích mạng (Network Analysis) là phương pháp phân tích ra đời với mục đích nghiên cứu cấu trúc mạng xã hội; là tập hợp các kỹ thuật dùng để mô tả và đánh giá mối quan hệ giữa các tác nhân và phân tích các cấu trúc xã hội. Sau công bố của Barnes (1954), phân tích mạng được sử dụng ngày càng đa dạng trong những lĩnh vực nghiên cứu, bao gồm: vật lý và sinh học; tư vấn quản lý (Cross & Parker, 2004); y tế cộng đồng (Smith & Christakis, 2008) và an ninh quốc phòng (Sageman, 2004). Đến hiện tại, các nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích mạng vẫn đang nhận được sự quan tâm đặc biệt của các nhà nghiên cứu thể hiện qua số lượng bài báo về phương pháp này không ngừng gia tăng (Marsden, 2004). Trong lĩnh vực giáo dục, để phân tích hoạt động dạy học các nhà nghiên cứu nảy sinh nhu cầu mô hình hóa và đánh giá các đặc trưng hoạt động nhận thức của người học và so sánh các hoạt động nhận thức giữa các cá nhân và nhóm học sinh khác nhau bằng phương pháp phân tích mạng. Tuy nhiên, nhược điểm của các phân tích mạng truyền thống là không có cách nào để so sánh hai sơ đồ mạng bất kỳ với nhau vì chưa tạo ra được sự trực quan phù hợp tương ứng với sự khác biệt toán học giữa hai mạng này (Bowman & ctg., 2021). Vì lý do đó, phân tích mạng nhận thức (Epistemic Network Analysis - ENA) được nghiên cứu, phát triển để mô hình hóa mạng lưới nhận thức của con người thông qua các hoạt động diễn ngôn, từ đó tạo ra các mô hình liên kết giữa kiến thức, kỹ năng, thói quen và các yếu tố khác đặc trưng của tư duy. Qua đó, phương pháp này sẽ giúp người nghiên cứu sử dụng dữ liệu được trực quan hóa để đo lường khả năng giải quyết vấn đề, khả năng tư duy của con người trong hoạt động dạy và học, đặc biệt là môi trường học tập trực tuyến - nơi mà các dữ liệu diễn ngôn của các cá nhân dễ dàng được ghi nhận (Shaffer, 2009). Hiện nay, ENA đã được vận dụng trong nhiều nghiên cứu về hoạt động dạy và học như: đánh giá hoạt động nhận thức của học sinh (Elmoazen, Saqr, Tedre, & Hirsto, 2022; Vandenberg & ctg., 2021), giáo viên (Fernandez-Nieto, Martinez-Maldonado, Kitto, & Shum, 2021); đánh giá cách tổ chức lớp học (Siebert-Evenstone & Shaffer, 2019); mô hình hóa sự tương tác giữa các khái niệm trong nhận thức và đối chiếu với chỉ số hành vi của người học trong thực tiễn (Wu, Liua, Mao, & Zhang, 2020). Hơn thế nữa, với những tiềm năng mà phương pháp này mang lại, ENA cũng được mở rộng vận dụng sang một số lĩnh vực nghiên cứu khác như: đánh giá hiệu quả của hình thức làm việc nhóm qua hoạt động giao tiếp bằng lời nói (Wooldridge, Carayon, Shaffer, & Eagan, 2018) hay tương tác bằng mắt (Andrist, Collier, Gleicher, Mutlu, & Shaffer, 2015); phân tích ý nghĩa từ ngữ trong các tài liệu lịch sử (Ruis, 2016), ... Dù vậy, tại Việt Nam ENA vẫn còn khá mới mẻ và cũng chưa có nhiều nhà khoa học ứng dụng được phương pháp này vào nghiên cứu của mình.

Mặc khác, yêu cầu đào tạo sinh viên sư phạm hiện nay cũng đang được điều chỉnh để phù hợp với những thay đổi trong chương trình giáo dục phổ thông. Với ngành sư phạm vật lý, chuẩn đầu ra yêu cầu sinh viên được phải hình thành năng lực tìm tòi, khám phá và sáng tạo, thuần thục về khả năng quan sát, thực hành vật lý trong học tập và đời sống (Nguyen & Huynh, 2022). Vật lý là bộ môn thực nghiệm nên việc sử dụng những thí nghiệm trên lớp học không chỉ là yêu cầu bắt

buộc mà còn là nội dung quan trọng trong dạy học vật lí ở trường phổ thông. Tiến hành thí nghiệm khoa học trong phòng thí nghiệm là một cách thích hợp để phát triển năng lực vận dụng kiến thức vào các tình huống thực tiễn, năng lực học tập, năng lực phản biện và tự phản biện của người học (Chiaverina & Vollmer, 2005). Một trong những cách quan trọng để nâng cao chất lượng giảng dạy là tích cực hỗ trợ phát triển các chiến lược giảng dạy mới giúp các chương trình giáo dục thoát khỏi cách tiếp cận dựa trên nội dung và hướng tới cách tiếp cận tập trung vào năng lực của người học. Đáp ứng yêu cầu đổi mới này, các nghiên cứu và đề xuất các biện pháp phát triển năng lực thực hành thí nghiệm cho sinh viên ở trường đại học được thực hiện và công bố thông qua những bài báo, công trình nghiên cứu khoa học. Trong khi đó, các nghiên cứu về việc đánh giá những biểu hiện về năng lực này của sinh viên còn hạn chế về số lượng bài và về phương pháp nghiên cứu dẫn đến nhiều khó khăn trong việc đánh giá năng lực thực hành thí nghiệm cho đối tượng sinh viên sư phạm để đảm bảo độ giá trị và độ tin cậy của kết quả. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu thực trạng của tác giả Nguyen và Huynh (2022) cho thấy sinh viên khoa vật lí Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh đang có những hạn chế, như khả năng thiết kế thí nghiệm và cải tiến các thí nghiệm vật lí.

Nghiên cứu này được thực hiện với các mục tiêu chính như sau: (1) giới thiệu về phương pháp ENA khi thực hiện đánh giá nhận thức qua diễn ngôn, (2) vận dụng phương pháp ENA để mô tả đặc điểm về năng lực nhận thức của sinh viên qua các liên kết kiến thức và kỹ năng liên quan đến hoạt động nghiên cứu, thực hành các thí nghiệm phổ thông để phục vụ việc dạy học trong tương lai. Trên cơ sở thực tiễn dạy học trong bối cảnh hậu đại dịch Covid-19, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu đối với mẫu 19 sinh viên sư phạm vật lí - Trường Đại học Sư Phạm Thành phố Hồ Chí Minh học tập học phần “Thực hành thí nghiệm vật lí phổ thông” và thu được 115 đoạn diễn ngôn có giá trị cho phân tích và đánh giá. Nghiên cứu có ý nghĩa cung cấp sự tham khảo về kết quả phân tích năng lực nhận thức được áp dụng trong lĩnh vực giáo dục, qua đó, các nhà khoa học giáo dục có thêm cơ sở để áp dụng phương pháp này trong hoạt động kiểm tra đánh giá về năng lực nhận thức thông qua hoạt động diễn ngôn của người học trong các công trình khoa học sau.

## 2. Cơ sở lý thuyết

### 2.1. Giới thiệu phân tích mạng nhận thức ENA

#### 2.1.1. Lý thuyết phân tích ENA áp dụng cho phân tích diễn ngôn

ENA là phương pháp phân tích dữ liệu tập trung vào việc giảm kích thước, mô hình hóa các kết nối giữa các khái niệm trong dữ liệu được mã hóa. ENA có thể dễ dàng tạo ra hình ảnh mạng các kết nối giữa những khái niệm. Mỗi khái niệm, hay đặc điểm có ý nghĩa trong tập dữ liệu đều đại diện cho một nút trong mạng (Shaffer, 2009) và đều được mã hóa theo thứ tự. Dữ liệu được mã hóa để tạo mạng ENA dựa trên sự xuất hiện đồng thời của các mã trong bộ dữ liệu. Bằng cách định lượng các lần xuất hiện đồng thời này, các mô hình mạng có trọng số được tạo ra là các cạnh (hoặc độ dài của đường nối giữa các nút), kích thước nút của một mã nhất định và vị trí nút so với các nút khác đều có thể cung cấp thông tin chi tiết từ dữ liệu. Mạng kết nối có thể được tạo cho bất kì đơn vị cần quan tâm nào trong dữ liệu, mang lại khả năng so sánh một cách trực quan và số lượng các đơn vị khác nhau theo cách chi tiết hơn. Phương pháp này mã hóa các đoạn diễn ngôn (trong các bài phỏng vấn, các đoạn hội thoại trực tuyến, ...) nhằm thể hiện các điểm nhận thức của người tham gia. Đối với phân tích thăm dò này, mỗi mã được coi là một nút (node) và sử dụng ENA để tìm ra mối liên kết giữa các nút đó.

Về mặt hình thức, một khung năng lực nhận thức có thể được đặc trưng bởi các thành tố về năng lực nhận thức riêng lẻ,  $f_i$ , trong đó  $i = a$  yếu tố được mã hóa cụ thể của khung năng lực

nhận thức. Đối với bất kỳ người tham gia nào (ký hiệu là  $p$ ), trong bất kỳ đoạn hội thoại cụ thể nào (ký hiệu là  $s$ ), mỗi phân đoạn của diễn ngôn (ký hiệu là  $D^{p,s}$ ) cung cấp minh chứng về việc liệu người tham gia  $p$  có đang sử dụng một hoặc nhiều thành phần khung năng lực nhận thức (nút) hay không. Mỗi đoạn dữ liệu mã hóa được biểu diễn dưới dạng một vectơ hàng gồm các số 1 hoặc 0 tương ứng sự xuất hiện hoặc vắng mặt của mỗi mã trong đoạn. Các liên kết hoặc quan hệ giữa các thành tố của nhận thức biểu diễn sự xuất hiện đồng thời của các mã định tính (qualitative code) trong cùng một đoạn dữ liệu. Để tính toán các liên kết này, mỗi vectơ được mã hóa là sau đó chuyển thành ma trận kề (an adjacency matrix) được ký hiệu là  $A^{p,s}$ , đối với người tham gia  $p$  trong một đoạn hội thoại nhất định  $s$  (1).

$$A^{p,s}_{i,j} = 1 \text{ nếu } f_i \text{ và } f_j \text{ đều thuộc } D^{p,s} \quad (1)$$

Ma trận kề của mỗi đoạn được mã hóa,  $A^{p,s}_{i,j}$ , sau đó được chuyển đổi thành một vectơ kề và được tổng hợp thành một vectơ kề tích lũy duy nhất cho mỗi người tham gia  $p$  và mỗi đoạn hội thoại  $s$ . Vectơ kề tích lũy cho mỗi đơn vị phân tích được ký hiệu là  $U^{p,s}$  (2).

$$U^{p,s} = \sum A^{p,s} \quad (2)$$

Đối với mỗi người tham gia  $p$  và mỗi đoạn hội thoại  $s$ , vectơ kề tích lũy  $U^{p,s}$  được sử dụng để xác định vị trí của các đoạn dữ liệu trong một không gian vectơ nhiều chiều (high dimensional vector space) được xác định bởi các giao điểm của từng mã. Các vectơ kề tích lũy sau đó được chuẩn hóa thành một siêu cầu đơn vị (a unit hypersphere) để kiểm soát sự thay đổi của vectơ chiều dài (đại diện cho tần suất của các cặp mã cùng xuất hiện), bằng cách chia từng giá trị cho căn bậc hai của tổng bình phương của vectơ (3). Siêu cầu đơn vị nhấn mạnh đến lượng kết nối giữa một mã này với các mã còn lại, hơn là tần suất của các cặp mã.

$$nU^{p,s} = \frac{U^{p,s}}{\sqrt{\sum (U^{p,s})^2}} \quad (3)$$

Sau đó, phương pháp phân tích suy biến (Singular Value Decomposition, ký hiệu là SVD) đã được thực hiện nhằm khám phá cấu trúc của các mã định tính cùng xuất hiện trong tập dữ liệu. SVD đã được sử dụng để chiếu các vectơ kề tích lũy chuẩn hóa đầu tiên vào một không gian nhiều chiều sao cho các kiểu xuất hiện đồng thời tương tự giữa thành tố khung nhận thức mã sẽ được định vị gần đúng. Sau đó, phân tích SVD đã phân tách cấu trúc của dữ liệu trong không gian nhiều chiều thành một tập hợp các thành phần không tương quan, với số lượng thành phần ít hơn số lượng chiều không gian mà vẫn chiếm càng nhiều phương sai trong dữ liệu càng tốt.

Các mạng kết quả sau đó đã được trực quan hóa bằng cách định vị các thành tố khung ban đầu trong không gian hai chiều. Đối với mỗi thành tố khung năng lực nhận thức  $e_i$ , tọa độ trung bình  $x_i$  và  $y_i$  của tất cả các vectơ tải  $n^2$  được xác định:

$V^{i,j}$  cho  $j = 1$  đến  $n$ :

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_x^{i,j}}{n} \quad (4)$$

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_y^{i,j}}{n} \quad (5)$$

Điều này tạo ra sự phân bố các nút trong biểu đồ mạng được xác định bởi các vectơ tải chứa chúng trong không gian các vectơ kề. Các nút sau đó được định vị trong không gian và các liên kết được xây dựng theo ma trận kề.

### 2.1.2. Khai thác mạng và giải thích kết quả sử dụng ENA

Trong ENA, dữ liệu được chia thành các đoạn dữ liệu được gọi là stanza - dựa trên bản chất của dữ liệu và câu hỏi nghiên cứu. Các yếu tố trong cùng một đoạn được kết nối với nhau trong mô hình ENA, trong khi các yếu tố trong các đoạn khác thì không. Chesler và cộng sự (2015) chỉ ra rằng sự liên kết chặt chẽ của các yếu tố trong một đoạn đóng vai trò quan trọng để hiểu ý nghĩa của diễn ngôn và đưa ra một cách tiếp cận tốt để mô hình hóa các tương tác nhận thức. Quá trình chính của ENA bắt đầu bằng cách tạo ra một ma trận đại diện cho các liên kết giữa các mã được tạo bởi mỗi dòng dữ liệu. Các ma trận này được tổng hợp để xây dựng mạng được đặt trong không gian, trong đó mỗi chiều tương ứng với sự liên kết giữa các cặp mã duy nhất để thể hiện khả năng kết nối và trọng số giữa của các mã. Sau đó, quá trình trực quan hóa mạng được thực hiện bằng cách sắp xếp các điểm được chiếu trong không gian. Vị trí các nút và tâm của mạng được tính toán để tạo ra các hình ảnh trực quan về mạng. Mô hình ENA cho ra kết quả chứa thông tin về các (i) mã (nút), là những người/khái niệm được kết nối trong mô hình, (ii) mối quan hệ (các cạnh), là các mã liên quan đến nhau, (iii) stanzas, là các đơn vị nhận dạng dựa trên thời gian hoặc quy trình và cuối cùng là (iv) minh chứng (evidence) xác minh mối liên hệ giữa các mã. Qua đó, ENA có thể hỗ trợ nhà nghiên cứu so sánh trực quan các mô hình mạng khác nhau và thông qua thống kê, tóm tắt cấu trúc phản ánh trọng số của những kết nối trong mô hình mạng. Kết quả thu được cũng cho phép xem xét sự đóng góp của dữ liệu gốc cho từng kết nối trong mô hình. Vì vậy, ENA được đánh giá đủ khả năng giải quyết nhiều vấn đề nghiên cứu trong giáo dục cả về định tính lẫn định lượng (Elmoazen & ctg., 2022). Tuy nhiên, các nhà nghiên cứu cũng chỉ ra rằng phương pháp này vẫn còn tồn tại một số hạn chế. Cụ thể, vì ENA chỉ đang được phát triển bởi nhóm nghiên cứu giáo dục tại Đại học Wisconsin-Madison, Hoa Kỳ nên cộng đồng khoa học chưa thể có những đóng góp bổ sung và phát triển cơ sở lý thuyết hay thuật toán thống kê (Elmoazen & ctg., 2022). Bên cạnh đó, kết quả mô hình mạng được trực quan bằng ENA được đánh giá là tương đối phức tạp và khó để diễn giải cho những người mới tìm hiểu (Fernandez-Nieto & ctg., 2021). Do đó, ở phần tiếp theo, bài báo sẽ trình bày chi tiết quá trình xử lý dữ liệu và đánh giá năng lực nhận thức của người học bằng ENA để giúp người đọc có cái nhìn cụ thể hơn về quá trình vận dụng phương pháp này vào một đề tài nghiên cứu giáo dục và nắm bắt được những thông tin mà các kết quả từ phương pháp này cung cấp.

## 2.2. Năng lực thực hành thí nghiệm phổ thông của sinh viên sư phạm

### 2.2.1. Khái niệm năng lực thực hành thí nghiệm phổ thông

Năng lực được hiểu là “khả năng cá nhân đáp ứng các yêu cầu phức hợp và thực hiện thành công nhiệm vụ trong một bối cảnh cụ thể” (Rychen & Salganik, 2002, tr. 8). Năng lực vật lý là khả năng phát hiện ra thuộc tính bản chất các đối tượng vật lý và quy luật về sự vận động, sự tương tác, sự bảo toàn của các đối tượng vật lý trong thế giới tự nhiên, vận dụng chúng để giải quyết những vấn đề trong khoa học và đời sống. Dựa trên các phương pháp nhận thức của các nhà vật lý, năng lực vật lý gồm 03 năng lực hợp phần, gồm: năng lực nghiên cứu lý thuyết; năng lực thực hành thí nghiệm và năng lực trao đổi và bảo vệ kết quả. Năng lực thực hành thí nghiệm phổ thông đối với sinh viên sư phạm là *năng lực chuyên biệt, là vận dụng tổng hợp hệ thống kiến thức, kỹ năng, thái độ của bản thân một cách hợp lý để thực hiện thành công nhiệm vụ thực nghiệm và tổ chức cho người học thực nghiệm trong quá trình dạy học ở nhà trường phổ thông.*

### 2.2.2. Biểu hiện năng lực nhận thức về thí nghiệm vật lý phổ thông của sinh viên sư phạm

Với đối tượng sinh viên sư phạm, cấu trúc của năng lực thực hành thí nghiệm phổ thông là những hợp phần bao gồm những thành tố, chỉ số hành vi tương ứng của không chỉ những nhà vật lý thực nghiệm mà còn bao gồm những biểu hiện của những nhà sư phạm. Cấu trúc của năng lực này có thể được phân tích thành các thành tố: 1. Phát hiện ra vấn đề từ tình huống thực tế, từ thí nghiệm; 2. Đề xuất giả thuyết; 3. Thiết kế phương án thí nghiệm; 4. Lắp ráp bố trí thí nghiệm; 5. Tiến hành thí nghiệm và thu thập số liệu (bao gồm cả kiểm tra mô hình vật chất chức năng của ứng dụng kỹ thuật); 6. Phân tích, xử lý số liệu và đánh giá kết quả (Bitzenbauer & Meyn, 2021; B. V. Nguyen, 2016). Một năng lực chuyên biệt như năng lực thực hành thí nghiệm phổ thông thì có thể được phân thành hai nhóm là nhóm năng lực nhận thức và nhóm năng lực thực hành (Dutta & Sreenidhi, 2017). Theo triết học Mác-Lênin, nhận thức được định nghĩa là “quá trình phản ánh tích cực, tự giác, sáng tạo thế giới khách quan vào trong bộ óc của con người trên cơ sở thực tiễn, nhằm sáng tạo ra những tri thức về thế giới khách quan” (K. N. Nguyen, 2016, tr. 121). Do đó, nhóm năng lực nhận thức gắn liền với các quá trình tư duy giúp cá nhân nắm bắt, hiểu và vận dụng tri thức khoa học đã có để hình thành tri thức mới. Thông qua nội hàm của các khái niệm trên, có thể hiểu năng lực nhận thức là tổ hợp các thuộc tính tâm lý của cá nhân, giúp cá nhân đạt được những hiểu biết, nắm bắt tri thức khoa học một cách chủ động. Với đặc thù là hoạt động nghiên cứu, vận dụng kiến thức lý thuyết và thực hành được các thí nghiệm vật lý cơ bản trong chương trình phổ thông, học phần “Thí nghiệm vật lý phổ thông” của Khoa vật lý, Trường Đại học Sư Phạm Thành phố Hồ Chí Minh chú trọng bồi dưỡng cho sinh viên nhóm năng lực nhận thức cụ thể, gồm: 1. Thiết kế phương án thí nghiệm, 2. Phân tích, xử lý số liệu, đánh giá kết quả.

## 3. Phương pháp nghiên cứu

### 3.1. Quy trình tổ chức dạy học và thu thập dữ liệu

Nhóm nghiên cứu của chúng tôi triển khai các nội dung nghiên cứu liên quan đến việc dạy học học phần “Thí nghiệm vật lý phổ thông” trong chương trình đào tạo giáo viên vật lý trong khoảng thời gian từ ngày 07 tháng 04 đến ngày 26 tháng 05 năm 2022. Trong học phần này, sinh viên sẽ tham gia lần lượt thực hành các nhóm bài thí nghiệm vật lý được sử dụng trong chương trình giáo dục phổ thông theo hai hình thức, gồm nhóm đôi và cá nhân. Vì học phần được tổ chức trong đầu giai đoạn hậu đại dịch Covid-19 nên việc tổ chức các hoạt động thảo luận trên lớp bị hạn chế, do đó, sau mỗi bài tiết thực hành, mỗi nhóm sinh viên sẽ hoàn thành bài báo cáo và trình bày trực tuyến bằng kỹ thuật phòng tránh thông qua nền tảng Padlet. Chính không gian học tập trực tuyến này đã cung cấp điều kiện đánh giá sự hiệu quả của hoạt động thí nghiệm trên lớp nhờ khả năng ghi lại các dữ liệu diễn ngôn phong phú qua các đoạn hội thoại của sinh viên (Lin & Chen, 2017). Cá nhân sinh viên sẽ thực hiện 02 nhiệm vụ chính: (1) xem xét đưa ra nhận xét, đặt câu hỏi và góp ý về nội dung của bài báo cáo của nhóm sinh viên khác, (2) trả lời các câu hỏi của các sinh viên khác đối với bài báo cáo của nhóm mình.

### 3.2. Quy trình xử lý dữ liệu

#### 3.2.1. Giai đoạn 1: Mã hóa

Căn cứ vào thực tiễn dạy học, nghiên cứu này chỉ tập trung thu thập, phân tích và đánh giá quá trình nhận thức trong khung năng lực thí nghiệm vật lý, để biểu hiện qua hình thức diễn ngôn của sinh viên. Do đó, nghiên cứu chỉ giới hạn xây dựng hệ thống mã hóa cho 02 thành tố: Thiết kế phương án thí nghiệm (A) và Phân tích, xử lý, đánh giá kết quả thí nghiệm (B). Sau quá trình xử lý sơ bộ các dữ liệu thảo luận của sinh viên, mỗi nhóm được bổ sung thêm các thành phần của từng yếu tố tác động và tạo thành bảng cấu trúc với 10 mã như Bảng 1.

**Bảng 1**

Mã hoá các yếu tố trong mô hình cấu trúc năng lực nhận thức về thí nghiệm vật lí phổ thông của sinh viên sư phạm

Thành tố	Mã	Mô tả nội hàm	Mã hóa	Từ khóa
Thiết kế phương án thí nghiệm (A)	Kiến thức chuyên môn	Liệt kê được các loại kiến thức chuyên ngành (khái niệm, đại lượng, định luật, thuyết) liên quan đến thí nghiệm từ hiểu biết sẵn có và các hệ quả có thể kiểm nghiệm được bằng thí nghiệm vật lí phổ thông.	A1_k.thuc	khái niệm, đại lượng, định luật, ...
	Dụng cụ thí nghiệm	Xác định được các dụng cụ thí nghiệm cần sử dụng kể tên và công dụng của các dụng cụ thí nghiệm cần sử dụng.	A2_d.cu	dụng cụ, chế độ sử dụng, lực kéo, ...
	Phương án bố trí thí nghiệm	Mô tả được cách bố trí thí nghiệm (thứ tự sắp xếp, lắp ráp các dụng cụ thí nghiệm).	A3_b.tri	bố trí, điều chỉnh, cân chỉnh, ...
	Quy trình tiến hành thí nghiệm	Trình bày các bước thực hành thí nghiệm, đảm bảo yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn trong khi làm thí nghiệm.	A4_t.hanh	tiến hành, quan sát, thực hiện, ...
Phân tích, xử lí, đánh giá kết quả thí nghiệm (B)	Tính toán kết quả thí nghiệm	Xử lí được các dữ liệu thu thập được từ quá trình làm thí nghiệm và rút ra kết quả.	B1_k.qua	kết quả, xử lí số liệu, độ lớn, ...
	Kết luận	Rút ra kết luận từ kết quả thí nghiệm.	B2_k.luan	rút ra kết luận, nhận xét kết quả, so sánh kết quả, ...
	Sai số	Xác định được các loại sai số, cách xử lí sai số và nguyên nhân gây ra sai số tương ứng với từng bài thí nghiệm phổ thông.	B3_s.so	sai số, sai số dụng cụ, nguyên nhân sai số, ...
	Hình thức báo cáo	Trình bày hoàn thiện bài báo cáo kết quả thí nghiệm với đầy đủ các nội dung: về nguyên tắc của phép đo; mô tả và giải thích các bước làm thí nghiệm; giải thích kết quả thu được từ thí nghiệm và có giải thích các vấn đề sai số, nêu các lưu ý an toàn và khó khăn gặp phải trong quá trình làm thí nghiệm.	B4_h.thuc	trình bày, thể hiện, sơ đồ, ...
	Phương án cải tiến thí nghiệm	Chỉ ra được các ưu và nhược điểm của các bộ thí nghiệm phổ thông đã được trang cấp và đề xuất các phương án cải tiến.	B5_c.tien	cải tiến, hạn chế sai số, biện pháp khắc phục, ...
	Phương án sử dụng thí nghiệm trong dạy học	Trình bày các định hướng sử dụng thí nghiệm tại trường phổ thông: thí nghiệm khảo sát, hình thành kiến thức mới/thí nghiệm kiểm chứng, minh họa kiến thức; thí nghiệm (giáo viên) biểu diễn/thí nghiệm (học sinh) thực hành.	B6_d.huong	định hướng, loại thí nghiệm, yêu cầu cần đạt, ...

### 3.2.2. Giai đoạn 2: Định dạng và phân đoạn dữ liệu

Trong phân tích ENA, định dạng và phân đoạn dữ liệu giúp cung cấp thêm thông tin về ngữ cảnh và bản chất của các tập dữ liệu. Trong mỗi câu diễn ngôn sẽ bao gồm các thành phần thuộc nhiều yếu tố hoặc có thể không bao gồm yếu tố nào. Do đó, để xử lý được dữ liệu, cần căn cứ vào các từ khoá thể hiện yếu tố đó và tìm kiếm các từ khoá đó trong từng câu thảo luận của sinh viên. Tuy nhiên, sinh viên được tự do thể hiện câu trả lời tùy vào bối cảnh cá nhân, nên cần phải xem xét kỹ nghĩa của câu, không nên chỉ tập trung hoàn toàn vào tìm kiếm từ khoá. Câu trả lời có từ khoá thể hiện đúng ý nghĩa của yếu tố sẽ mã hóa thành 1 và cột ứng với yếu tố và ngược lại sẽ mã hóa thành 0 vào cột đó. Bảng 2 minh họa kết quả sau khi xử lý một số đoạn diễn ngôn có giá trị trong buổi thảo luận với những mã về thành tố Thiết kế phương án thí nghiệm.

**Bảng 2**

Ví dụ về định dạng và phân loại dữ liệu từ một số dữ liệu thu thập được trước khi phân tích ENA

Sinh viên trả lời (Units)	Buổi thảo luận (Stanza Window)	Câu trả lời (Raw Data)	Mã hóa (Codes)			
			A1_k.thuc	A2_d.cu	A3_b.tri	A4t.hanh
2.T.A	4	“Bạn nên bổ sung phần chuẩn bị vào báo cáo bao gồm: <u>thời gian thực hành, mục tiêu, dự kiến ban đầu</u> . Bổ sung thêm công thức cho phần <u>lý thuyết qui tắc tổng hợp hai lực song song</u> hoặc nếu bạn muốn ghi vắn tắt thì có thể ghi tên của nội dung và ghi sách giáo khoa lớp mấy trang bao nhiêu. Thí nghiệm 1, bạn nên ghi thêm giá trị gia tốc trọng trường g mà bạn lấy để dễ tính toán. Thí nghiệm 2, lần đo 2, mình ra <u>sai số 0.7%</u> không giống của bạn. Trong phần nhận xét, bạn nên cho biết thêm <u>nguyên nhân gây ra sai số trên</u> và <u>cách khắc phục</u> . Thí nghiệm 3, trong phần nhận xét kết quả, bạn nên cho biết thêm nguyên nhân <u>gây ra sai số trên</u> và cách khắc phục. Thí nghiệm 4, lần đo 1, giá trị M là 0.035 hay 0.036?. Nếu có thể bạn nên tính ra sai số giữ M và M' thì sẽ rõ ràng hơn. Trong phần <u>Nhận xét kết quả</u> , bạn nên cho biết thêm nguyên nhân gây ra sai số trên và cách khắc phục Thí nghiệm 5, mình ra sai số là 6.5% nha bạn. Trong phần nhận xét kết quả, bạn nên cho biết thêm <u>nguyên nhân gây ra sai số trên</u> và cách khắc phục.”	1	0	1	0
2.T.M	5	“Theo mình ở TN2 nhóm nên nói rõ tại sao <u>giọt dầu</u> khi ở trong dung dịch rượu có dạng hình cầu mà không phải là hình khác. Ở thí nghiệm 4 Bảng 4, đo suất căng mặt ngoài của nước bằng <u>ống Pipet</u> , nhóm nên xem lại khối lượng của một giọt và <u>suất căng mặt ngoài <math>\sigma</math></u> do có sự chênh lệch khá lớn. Bởi vì do mình cân liền 20-30-40 giọt nên không thể nào lệch nhau nhiều vậy.”	1	1	0	0



Để đảm bảo độ tin cậy, việc mã hóa được tiến hành và đánh giá dựa trên sự đồng thuận giữa các cá nhân tham gia thực hiện mã hóa. Hai thành viên trong nhóm nghiên cứu trong vai trò là lập trình viên để mã hóa toàn bộ tập dữ liệu một cách độc lập. Để tìm ra những kết quả đáng tin cậy từ điểm chung của các lập trình viên, chúng tôi đã sử dụng các kỹ thuật đánh giá gồm: phân loại đơn giản (simple classification) và Cohen's Kappa.

#### ❖ Phân loại đơn giản

Chúng tôi đã mã hóa từng câu hỏi và đánh dấu kết quả là 1 nếu cả hai người đánh giá đồng ý với tất cả các quy tắc cho một câu cụ thể và 0 nếu có bất kỳ sự khác biệt nào trong các mã. Trong lần so sánh đầu tiên, chúng tôi có 73 hàng được mã hóa giống nhau. Sau đó, sau khi thảo luận, những người lập trình lại mã hóa và từ 115 hàng, lần này, 107 hàng được mã hóa giống nhau bởi cả hai người lập trình viên. Bằng cách chia nó cho tổng số hàng, chúng ta có thể tìm thấy phần trăm độ tin cậy:  $107/115 = 93.04\%$ .

#### ❖ Cohen's Kappa

Cohen's Kappa là chỉ số thống kê giúp đánh giá mức độ đồng thuận giữa các thành phần định tính. Giá trị Kappa giữa 0.60 và 0.80 được coi là sự đồng thuận cao và giá trị này đạt từ 0.81 trở lên được coi là sự đồng thuận gần như hoàn hảo (Landis & Koch, 1977). Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng phần mềm IBM SPSS 26 để tính toán giá trị Kappa nhằm đánh giá sự đồng thuận giữa các lập trình viên. Lúc đầu, hai người lập trình đã mã hóa tập dữ liệu và các giá trị Kappa nằm trong khoảng từ 0.61 đến 0.80 đối với một số mã: A3\_b.tri, A4\_t.hanh, B1\_k.qua, B3\_s.so, B5\_c.tien. Sau đó, chúng tôi đã mã hóa dữ liệu một lần nữa và tính lại giá trị Kappa (Bảng 3). Từ giá trị bên dưới, có thể thấy hầu hết các mã đạt được sự đồng thuận cao giữa những người lập trình. Giá trị Kappa thấp nhất mà chúng tôi có thể tìm thấy là B6\_k.luan (kappa = 0.598 ~ 0.6). Dựa trên cách giải thích giá trị Kappa, giá trị này thể hiện có thể chấp nhận được kết quả của cả hai người lập trình.

### Bảng 3

Giá trị Kappa và tần số xuất hiện đối với từng mã code

Mã hoá	Giá trị Kappa	Tần số	Mã hoá	Giá trị Kappa	Tần số
A1_k.thuc	0.643	18.87%	B2_k.luan	0.598	15.30%
A2_d.cu	0.729	7.10%	B3_s.so	0.796	9.98%
A3_b.tri	0.793	3.55%	B4_h.thuc	0.675	14.19%
A4_t.hanh	0.780	6.65%	B5_c.tien	0.870	5.99%
B1_k.qua	0.912	12.20%	B6_d.huong	0.745	6.17 %

#### 3.2.3. Giai đoạn 3: Phân tích

Để tiến hành phân tích, nhóm nghiên cứu đã tiến hành kiểm tra tần số xuất hiện của mã trong tập dữ liệu. Theo gợi ý của Khan (2021), những mã có tần số nhỏ hơn 1% trên tổng số sẽ bị loại bỏ do sự ảnh hưởng của chúng đến sơ đồ mạng phân tích là không đáng kể. Như vậy, tất cả 10 mã ban đầu được giữ lại để tiếp tục phân tích ENA trên công cụ mở trực tuyến trên <https://app.epistemicnetwork.org/> được cung cấp bởi Đại học Wisconsin-Madison. Các mạng được mô hình hóa bằng cách sử dụng đồ thị mạng trong đó các nút (màu xám) tương ứng với các mã và các cạnh phản ánh tần suất tương đối của sự đồng xuất hiện hoặc kết nối giữa hai mã. Kết quả là hai biểu diễn phối hợp cho mỗi đơn vị phân tích: (1) một điểm (màu) vẽ được biểu đồ, đại diện cho vị trí mạng của đơn vị đó trong không gian chiều có chiều thấp và (2) một biểu đồ mạng

có trọng số. Vị trí của các nút đồ thị mạng là cố định và những vị trí đó được xác định bởi một quy trình tối ưu hóa nhằm hạn chế tối đa sự khác biệt giữa các điểm được vẽ trên đồ thị và các trung tâm mạng tương ứng của chúng (như trình bày ở mục cơ sở lý thuyết). Do sự tương quan của đồ thị mạng và không gian được chiếu, vị trí của các nút đồ thị mạng và các kết nối mà chúng xác định có thể được sử dụng để diễn giải các kích thước của không gian được chiếu và giải thích vị trí của các điểm được vẽ trong không gian.

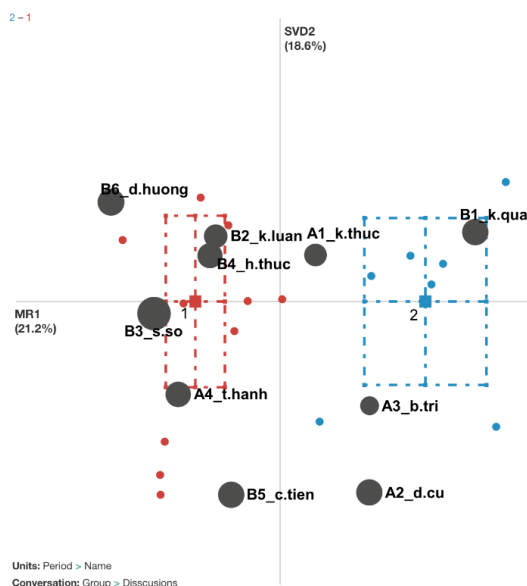
#### 4. Kết quả và thảo luận

Mô hình của chúng tôi đạt hệ số tương quan là 0.990 (Pearson) và 0.991 (Spearman) cho chiều thứ nhất và hệ số tương quan là 0.978 (Pearson) và 0.971 (Spearman) cho chiều thứ hai. Những thước đo này chỉ ra rằng có sự phù hợp giữa hình ảnh trực quan và mô hình ban đầu. Qua ENA, kết quả nghiên cứu này hoàn toàn có thể được sử dụng để so sánh các đơn vị phân tích về vị trí điểm được vẽ, mạng riêng lẻ, vị trí điểm được vẽ trung bình và mạng trung bình, tính trung bình trọng số kết nối qua các mạng riêng lẻ. Ngoài ra, các mạng nhận thức còn có thể được so sánh với nhau thông qua sử dụng đồ thị chênh lệch mạng. Các đồ thị này được tính bằng cách trừ đi trọng số của mỗi kết nối trong một mạng với các kết nối tương ứng trong một mạng khác.

Kết quả từ phân tích ENA cung cấp những hiểu biết có ý nghĩa về cá nhân sinh viên, nhóm sinh viên thông qua các kết nối nhận thức mà sinh viên đã thể hiện trong học phần “Thí nghiệm vật lý phổ thông”. Đầu tiên, nghiên cứu thảo luận về tổng quan các điểm nhận thức mà sinh viên sử dụng vật lý thường xuyên hay ít khi biểu hiện qua các hoạt động diễn ngôn khi thực hiện trong các cuộc thảo luận trực tuyến về các thí nghiệm vật lý phổ thông. Sau đó, chúng tôi đã vẽ biểu đồ mạng của hai lớp sinh viên với hai hình thức học tập khác nhau (một lớp thực hành thí nghiệm theo hình thức nhóm đôi và một lớp thực hành thí nghiệm theo hình thức cá nhân) bằng mô hình ENA và sau đó so sánh sự khác biệt về hoạt động nhận thức của hai nhóm sinh viên này dựa trên kiểm định phi tham số Mann-Whitney. Cuối cùng, chúng tôi xem xét mối liên hệ giữa biểu hiện của năng lực nhận thức của sinh viên qua hoạt động diễn ngôn với kết quả học tập thông qua đối chiếu định tính số lượng kết nối trong mô hình ENA của một số trường hợp sinh viên điển hình.

##### 4.1. Đánh giá chung về đặc điểm nhận thức về thí nghiệm vật lý phổ thông của sinh viên

Đặc trưng chung về nhận thức của sinh viên tham gia nghiên cứu được phản ánh qua sự phân bố và kích thước của các siêu cầu đơn vị tương ứng cho các mã nhận thức (Hình 1).

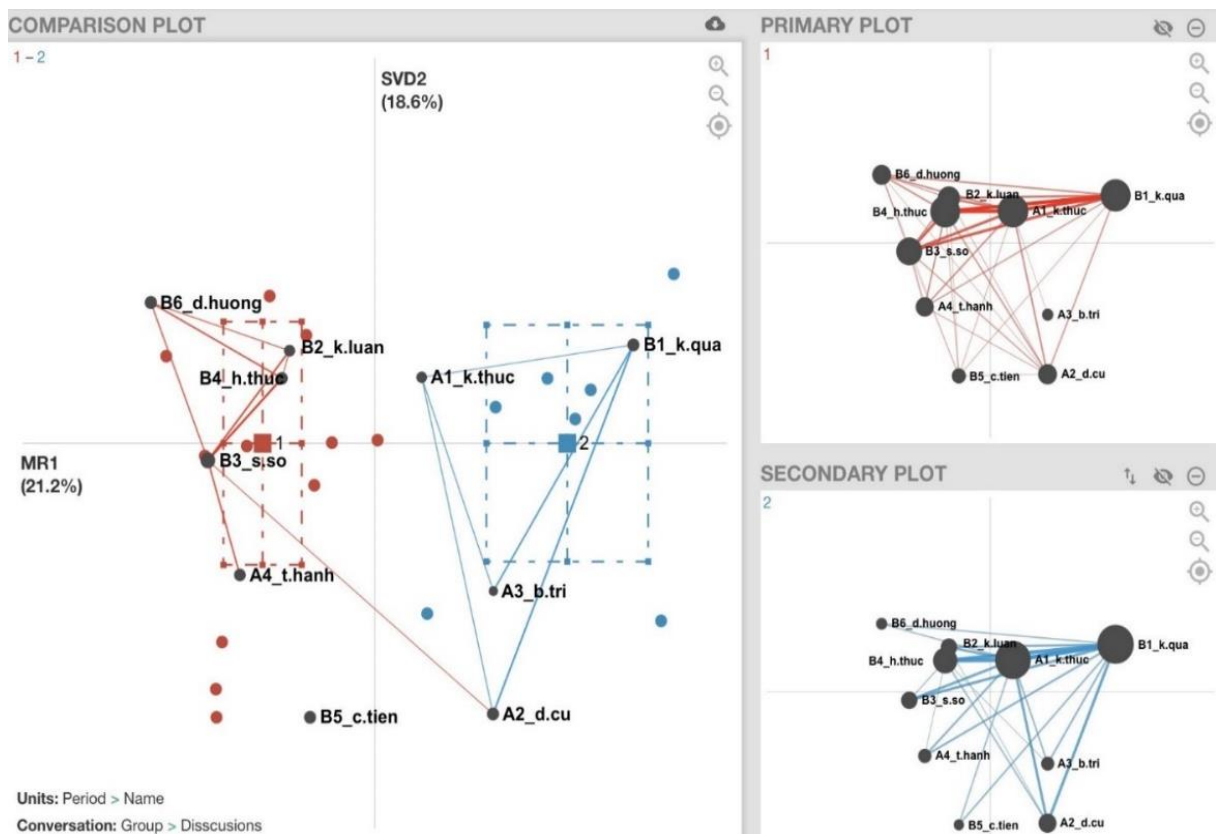


**Hình 1.** Phân bố và kích thước các siêu cầu (màu xám) đại diện các mã nhận thức của sinh viên

Về phân bố, kết quả phân tích ban đầu đã xác định rằng các biểu hiện của nhận thức về Thiết kế phương án thí nghiệm (A) phần lớn nằm ở bên phải của trục Oy trong khi các biểu hiện nhận thức về Phân tích, xử lý, đánh giá kết quả thí nghiệm (B) nằm ở bên trái nhiều hơn. Về kích thước, siêu cầu đơn vị nhân mạnh đến lượng kết nối giữa một mã này với các mã còn lại, hơn là ý nghĩa về mật tần suất xuất hiện của mã. Cụ thể, siêu cầu đơn vị của mã sai số (B3) có kích thước lớn nhất mặc dù tần suất xuất hiện không phải lớn nhất. Kết quả này cho thấy yếu tố nhận thức về sai số có nhiều kết nối hơn với những yếu tố nhận thức khác của sinh viên. Điều này cũng phù hợp với thực tiễn vì dữ liệu diễn ngôn của sinh viên được thu thập là trong hoạt động thảo luận về các bài báo cáo sau khi đã thực hành xong thí nghiệm, do đó, sinh viên thường sẽ căn cứ dựa trên các kết quả sai số để xem xét lại quá trình làm thí nghiệm trên lớp học. Ngược lại, kích thước siêu cầu đơn vị của mã bố trí (A3) nhỏ nhất vì đối với các thí nghiệm được xây dựng trong học phần chủ yếu là các thí nghiệm đã có trình bày bố trí trong sách giáo khoa của chương trình phổ thông nên trong quá trình thảo luận việc bố trí thí nghiệm phổ thông ít khi được sinh viên dùng để đánh giá lại quá trình làm thí nghiệm.

#### 4.2. Đánh giá sự ảnh hưởng của hình thức tổ chức đến kết quả nhận thức về thí nghiệm vật lý phổ thông của sinh viên

Dựa trên kiểm định phi tham số Mann-Whitney, nhóm sinh viên thực hành theo hình thức nhóm (Mdn = -1.025; N = 12) có kết quả khác biệt so với nhóm sinh viên thực hành theo hình thức cá nhân (Mdn = 1.763; N = 7) với  $p < 0.05$ ; giá trị thống kê kiểm tra  $U = 84.00$ ; hệ số ảnh hưởng  $r = -1.000$ . Qua đó, có thể kết luận hình thức tổ chức có sự ảnh hưởng đến quá trình nhận thức về thí nghiệm vật lý phổ thông của sinh viên.



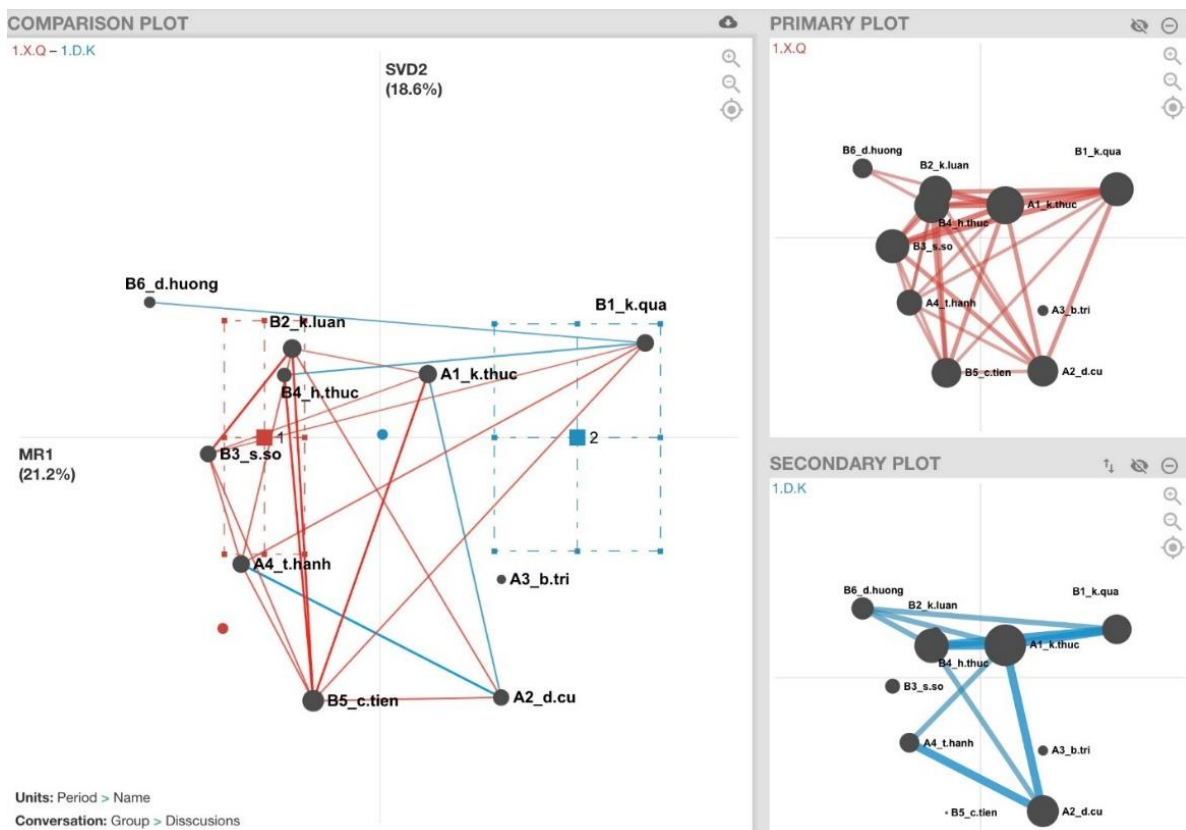
**Hình 2.** Sơ đồ so sánh mạng nhận thức của hai nhóm sinh viên

(Primary plot: Sơ đồ mạng nhận thức trung bình của nhóm sinh viên thực hành theo hình thức nhóm; Secondary plot: Sơ đồ mạng nhận thức trung bình của nhóm sinh viên thực hành theo hình thức cá nhân)

Đối với các sinh viên thực hành theo hình thức nhóm đôi, sự quan tâm của họ chủ yếu tập trung vào nội dung bài báo cáo thí nghiệm thay vì quá trình tiến hành thí nghiệm như những sinh viên thực hành theo hình thức cá nhân (Hình 2). Khi tổ chức hoạt động nhóm, sinh viên có thể phân chia thí nghiệm cho mỗi thành viên đảm nhận, do đó có nhiều thời gian thực hiện nội dung báo cáo và thảo luận về các kết quả thí nghiệm hơn. Vì vậy, hoạt động nhận thức của nhóm này trội hơn tại các liên kết giữa các mã kết luận (B2), sai số (B3), định hướng cải thiện mô hình thí nghiệm (B6), ... Ngược lại, sinh viên thực hiện cá nhân phải đảm nhận hoàn toàn các bài thí nghiệm trong buổi học, nên sự quan tâm của những sinh viên đó chủ yếu tập trung vào kiến thức (A1), cách bố trí dụng cụ (A3), kết quả (B1) thu được trong quá trình thực hiện thí nghiệm, ...

### 4.3. Đánh giá mối liên hệ giữa biểu hiện của năng lực nhận thức của sinh viên qua hoạt động diễn ngôn với kết quả học tập

Ngoài những kết quả phản ánh những đặc tính chung của mẫu nghiên cứu, phương pháp ENA còn giúp nhóm nghiên cứu nhận thấy sự khác biệt đáng kể giữa các biểu đồ mạng lưới năng lực nhận thức của các sinh viên sư phạm vật lý. Trong đó, những sinh viên có mạng nhận thức trong quá trình học tập phức tạp hơn thường đạt kết quả thi kết thúc học phần với hình thức kết hợp thực hành và vấn đáp cao hơn. Ví dụ, trong sơ đồ mạng của sinh viên X.Q và D.K có sự khác biệt rõ về số lượng kết nối (Hình 3). Điều đó thể hiện, trong quá trình học tập, sinh viên X.Q có sự quan tâm đến nhiều yếu tố trong bài thí nghiệm hoặc có thể nói quá trình nhận thức của X.Q diễn ra tốt hơn. Bên cạnh đó, cần lưu ý rằng, độ đậm nhạt của các kết nối chỉ thể hiện phần trăm mối quan hệ giữa hai thành tố đó trên tổng số. Ở sinh viên X.Q, các kết nối nhạt màu hơn so với các kết nối ở sinh viên D.K do sinh viên D.K có ít sự liên hệ giữa các biểu hiện của năng lực nhận thức dẫn đến tỉ lệ phần trăm cao.



**Hình 3.** Sơ đồ so sánh mạng nhận thức của hai sinh viên  
(Primary plot: Sơ đồ mạng nhận thức của sinh viên X.Q (điểm học phần là 9.0);  
Secondary plot: Sơ đồ mạng nhận thức của sinh viên D.K (điểm học phần là 5.6))

## 5. Kết luận

Tóm lại, bài viết này cung cấp một hướng dẫn về ENA - một phương pháp mới để mô hình hóa và định lượng các kết nối giữa các phần tử trong dữ liệu được mã hóa và biểu diễn chúng trong các mô hình mạng. Với một nghiên cứu trường hợp tại Trường Đại học Sư Phạm Thành phố Hồ Chí Minh, kết quả nghiên cứu cũng cho thấy ENA có nhiều tiềm năng trong việc khai thác các thông tin về năng lực nhận thức của sinh viên. Thông qua các dữ liệu diễn ngôn được mã hóa, ENA cho thấy khả năng cung cấp các thông tin trực quan về năng lực nhận thức của người học, so sánh đối chiếu giữa từng cá nhân người học với nhau và các nhóm người học khác nhau. Bên cạnh những giá trị trên, nghiên cứu vẫn còn một số điểm hạn chế có thể lưu ý để cải thiện. Quá trình mã hóa dựa trên diễn ngôn của sinh viên còn mất nhiều thời gian và cần có sự thống nhất giữa các người nghiên cứu thực hiện việc mã hóa. Trong hướng nghiên cứu sắp tới, chúng tôi mong muốn sẽ thu thập và phân tích các bộ dữ liệu lớn hơn, đồng thời tối ưu hóa việc mã hóa dữ liệu một cách nhanh chóng và chuẩn xác.

## LỜI CẢM ƠN

Tạ Thanh Trung được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2022.ThS.097.

## Tài liệu tham khảo

- Andrist, S., Collier, W., Gleicher, M., Mutlu, B., & Shaffer, D. (2015). Look together: Analyzing gaze coordination with epistemic network analysis. *Frontiers in Psychology*, 6, Article 1016. doi:10.3389/fpsyg.2015.01016
- Barnes, J. A. (1954). Class and committees in a Norwegian Island Parish. *Human Relations*, 7(1), 39-58. doi:10.1177/001872675400700102
- Bitzenbauer, P., & Meyn, J. P. (2021). Fostering experimental competences of prospective physics teachers. *Physics Education*, 56(4), Article 045020. doi:10.1088/1361-6552/abfd3f
- Bowman, D., Swiecki, Z., Cai, Z., Wang, Y., Eagan, B., Linderth, J., & Shaffer, D. W. (2021). The mathematical foundations of epistemic network analysis. In *Advances in quantitative ethnography: Second international conference, ICQE 2020, , February 1-3, 2021, Proceedings 2* (pp. 91-105). Malibu, CA: Springer International Publishing.
- Chesler, N. C., Ruis, A. R., Collier, W., Swiecki, Z., Arastoopour, G., & Shaffer, D. W. (2015). A novel paradigm for engineering education: Virtual internships with individualized mentoring and assessment of engineering thinking. *Journal of Bio Mechanical Engineering*, 137(2), Article 024701. doi:10.1115/1.4029235
- Chiaverina, C., & Vollmer, M. (2005). *Learning physics from the experiments*. Truy cập ngày 10/10/2022 tại <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=24e2fdf15ec1981931489422052ab1630ee5ee18>
- Cross, R. L., & Parker, A. (2004). *The hidden power of social networks: Understanding how work really gets done in organizations*. Boston, MA: Harvard Business Press.
- Dutta, S., & Sreenidhi, S. (2017). Hope-holistic & objective psychometric effectiveness in competency mapping. *International Journal of Human Resource Management and Research*, 7(1), 11-28.

- Elmoazen, R., Saqr, M., Tedre, M., & Hirsto, L. (2022). A systematic literature review of empirical research on epistemic network analysis in education. *IEEE Access*, *10*, 17330-17348. doi:10.1109/ACCESS.2022.3149812
- Fernandez-Nieto, G. M., Martinez-Maldonado, R., Kitto, K., & Shum, S. B. (2021). Modelling spatial behaviours in clinical team simulations using epistemic network analysis: Methodology and teacher evaluation. In *LAK21: 11th International Learning Analytics and Knowledge Conference* (pp. 386-396). New York, NY: Association for Computing Machinery.
- Khan, M. (2021). *Epistemic network analysis in problem-based learning* (Master's thesis). University of Eastern Finland, Joensuu, Finland.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, *33*(2), 363-374. doi:10.2307/2529786
- Lin, M. H., & Chen, H. G. (2017). A study of the effects of digital learning on learning motivation and learning outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(7), 3553-3564. doi:10.12973/eurasia.2017.00744a
- Marsden, P. V. (2004). Network analysis. In K. Kempf-Leonard (Ed.), *Encyclopedia of social measurement* (pp. 819-825). San Diego, CA: Academic Press.
- Nguyen, B. V. (2016). Đề xuất khung năng lực và định hướng dạy học môn Vật lí ở trường phổ thông [Competencies and physics teaching for development student's competencies]. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Sư Phạm Hà Nội*, *61*(8B), 11-22. doi:10.18173/2354-1075.2016-015
- Nguyen, K. N. (2016). *Chuyên đề Triết học [Philosophical Topics]*. Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam: HCMUE Publishing House.
- Nguyen, L. T., & Huynh, D. T. N. (2022). Thực trạng phát triển năng lực thực nghiệm của sinh viên sư phạm cho học phần thí nghiệm vật lí đại cương [Situation of experimental competency development of teacher education students for general physics lab]. *Tạp chí khoa học - Trường Đại học Sư Phạm Thành phố Hồ Chí Minh*, *19*(5), 745-759. doi:10.54607/hcmue.js.19.5.3202(2022)
- Ruis, A. R. (2016). Trois Empreintes d'un Môme Cachet: Toward a historical definition of nutrition. In E. Ewing & K. Randall (Eds.), *Viral networks: Connecting digital humanities and medical history* (pp. 179-212). Blacksburg, VA: Virginia Tech Publishing.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2002). *Definition and Selection of Competencies (DESECO): Theoretical and conceptual foundations*. Neuchatel, Switzerland: Swiss Federal Statistical Office.
- Sageman, M. (2004). *Understanding terror networks*. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania press.
- Shaffer, D. W. (2009). Epistemic network analysis: A prototype for 21st-century assessment of learning. *International Journal of Learning and Media*, *1*(2), 33-53. doi:10.1162/ijlm.2009.0013
- Siebert-Evenstone, A., & Shaffer, D. W. (2019). Cause and because: Using epistemic network analysis to model causality in the next generation science standards. In *Advances in Quantitative Ethnography: First International Conference, ICQE 2019, October 20-22, 2019, Proceedings 1* (pp. 223-233). Madison, WI: Springer International Publishing.

- Smith, K. P., & Christakis, N. A. (2008). Social networks and health. *Annual Review of Sociology*, 34(1), 405-429.
- Vandenberg, J., Zakaria, Z., Tsan, J., Iwanski, A., Lynch, C., Boyer, K. E., & Wiebe, E. (2021). Prompting collaborative and exploratory discourse: An epistemic network analysis study. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 16(3), 339-366. doi:10.1007/s11412-021-09349-3
- Wisconsin Center for Education Research University of Wisconsin. (2022, July 26). *Epistemic analytics*. Truy cập ngày 10/10/2022 tại <https://app.epistemicnetwork.org/>
- Wooldridge, A. R., Carayon, P., Shaffer, D. W., & Eagan, B. (2018). Quantifying the qualitative with epistemic network analysis: A human factors case study of task-allocation communication in a primary care team. *ISE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 8(1), 72-82. doi:10.1080/24725579.2017.1418769
- Wu, L., Liua, Q., Mao, G., & Zhang, S. (2020). Using epistemic network analysis and self-reported reflections to explore students' metacognition differences in collaborative learning. *Learning and Individual Differences*, 82, Article 101913. doi:10.1016/j.lindif.2020.101913

