

COMMUNITY DETECTION METHODS ON SOCIAL NETWORKS BASED ON MINING ATTRIBUTES

CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN CỘNG ĐỒNG TRÊN MẠNG XÃ HỘI DỰA VÀO KHAI THÁC THÔNG TIN THUỘC TÍNH

Trần Văn Cường

Trường Đại học Quảng Bình

ABSTRACT: In recent years, community detection in social networks has been a hot research topic that has attracted much more attention in the scientific community. Community detection has significant applications in domains of social network analysis such as sociology, business, criminal detection, recommendation systems, etc. The computational complexity is hampered by the huge size and the dynamic nature of social networks. This paper introduces community detection methods in social networks based on mining network attributes. The paper also introduces further research directions as well as some open challenges for the community detection problem in social networks.

Keywords: Community detection, Social network analysis, Attributed graph.

TÓM TẮT: Phát hiện cộng đồng trong mạng xã hội là một chủ đề nghiên cứu đã thu hút nhiều sự chú ý trong cộng đồng nghiên cứu trong thời gian qua. Phát hiện cộng đồng có những ứng dụng quan trọng trong các lĩnh vực phân tích mạng xã hội như xã hội học, kinh doanh, phát hiện tội phạm, hệ thống khuyến nghị,... Độ phức tạp tính toán của các thuật toán phát hiện cộng đồng là một rào cản lớn bởi quy mô mạng lớn và tính chất động của mạng xã hội. Bài viết này giới thiệu về các phương pháp phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội dựa vào khai thác thuộc tính mạng. Những hướng nghiên cứu tiềm năng cũng như một số thách thức mở cho vấn đề phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội được thảo luận và gợi mở hướng giải quyết.

Từ khóa: Phát hiện cộng đồng, phân tích mạng xã hội, đồ thị thuộc tính.

1. GIỚI THIỆU

Mạng xã hội được tạo thành từ các tác nhân, chủ yếu là con người và dữ liệu trên mạng xã hội được sinh ra từ người dùng, từ các dữ liệu tương tác của người dùng. Mạng xã hội tạo điều kiện thuận lợi cho các phương thức giao tiếp khác nhau và thể hiện sự đa dạng của các loại tương tác xã hội. Mạng xã hội tạo ra một môi trường thuận lợi để người dùng tương tác và chia sẻ tin tức. Nói chung, mạng xã hội là một tập hợp các tác nhân được kết nối với nhau

thông qua các mối quan hệ được tạo ra trong quá trình tương tác trực tuyến. Mạng xã hội có thể được biểu diễn dưới dạng đồ thị trong đó các đỉnh đại diện cho tác nhân xã hội và các cạnh thể hiện cho mối quan hệ xã hội của các tác nhân [2]. Trong mạng biểu diễn cho mạng xã hội, các cấu trúc cộng đồng hình thành nên các nhóm đỉnh có nối dày đặc và có kết nối thừa thớt hơn với các đỉnh bên ngoài nhóm. Phát hiện cộng đồng trong mạng xã hội là một bài toán đã được nghiên cứu sâu trong những năm gần

đây và nó có rất nhiều ứng dụng rất thiết thực trong thực tiễn như phân tích xã hội học, kinh doanh, phát hiện tội phạm, hệ thống khuyến nghị,... [2] Xác định cộng đồng từ mạng xã hội giúp hiểu được hành vi của người dùng và mối quan hệ giữa các thành viên trong cộng đồng. Việc phát hiện các cộng đồng của mạng có ứng dụng quan trọng trong các lĩnh vực khác nhau như tiếp thị lan truyền và mô hình hóa sự lây lan của dịch bệnh [2].

Cộng đồng được phân thành hai loại đó là cộng đồng rời rạc và cộng đồng chồng chéo. Trong cộng đồng rời rạc, mỗi thành viên chỉ thuộc vào một cộng đồng duy nhất. Tuy nhiên, trong thực tế mỗi người dùng trên mạng xã hội lại có thể thuộc về nhiều nhóm cộng đồng khác nhau như gia đình, bạn thân, đồng nghiệp, nhóm cùng sở thích,... Các cộng đồng có các tác nhân giao thoa nhau được gọi là cộng đồng chồng chéo. Phương pháp phát hiện cộng đồng phổ biến có thể được phân thành hai loại: phát hiện cộng đồng dựa trên cấu trúc biểu diễn của cộng đồng (dựa vào cấu trúc, mật độ kết nối của các đỉnh) và phát hiện cộng đồng dựa trên ngữ nghĩa (các đỉnh có bối cảnh ngữ nghĩa tương tự). Phương pháp phát hiện cộng đồng dựa trên ngữ nghĩa khai thác cả bối cảnh và mối quan hệ của các đỉnh. Do đó, cộng đồng phát hiện thể hiện được sự gắn kết hiệu quả hơn. Vấn đề phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội có một số thách thức như tính cấu trúc mạng đa dạng và dữ liệu lớn, động của mạng xã hội [11]. Những thách thức trên đã thúc đẩy sự quan tâm ngày càng lớn của cộng đồng nghiên cứu đối với các thuật toán dành cho

mạng xã hội.

Sự tăng trưởng nhanh chóng của dữ liệu mạng và sự phong phú của thông tin người dùng đã thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu trong việc khai thác thông tin thuộc tính để phát hiện cộng đồng. Bài báo này trình bày khảo sát sơ bộ về các phương pháp phát hiện cộng đồng dựa trên khai thác thông tin thuộc tính của mạng xã hội được đề xuất trong những năm gần đây. Các đánh giá sẽ tập trung vào các phương pháp phát hiện cộng đồng khai thác thông tin thuộc tính của mạng. Phần cuối của bài báo trình bày một số hướng nghiên cứu mở tiềm năng cho bài toán phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội hiện nay.

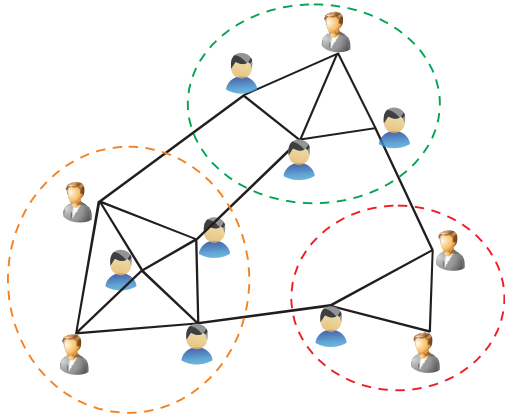
2. CÁC KHÁI NIỆM LIÊN QUAN

Mạng xã hội có thể được mô hình hóa dưới dạng đồ thị $G = (V, E)$, trong đó V là tập các đỉnh đại diện cho người dùng và $E \subseteq V \times V$ là tập các cạnh thể hiện mối quan hệ hoặc tương tác giữa các người dùng.

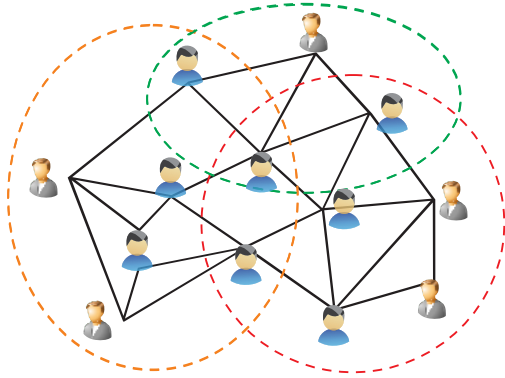
Nếu hai người dùng là bạn bè hoặc có tương tác thì giữa hai đỉnh tương ứng tồn tại một cạnh [2]. Đồ thị biểu diễn mạng xã hội có thể là đồ thị có hướng hoặc vô hướng tùy thuộc vào mối quan hệ được thiết lập giữa các nút mạng. Đồ thị có hướng thể hiện mối quan hệ một chiều từ thực thể này sang thực thể kia. Trong khi đó, đồ thị vô hướng thể hiện mối quan hệ tương hỗ giữa hai thực thể.

Định nghĩa về cộng đồng thường phụ thuộc vào ngữ cảnh tạo nên cộng đồng. Một cộng đồng C_i mô tả một nhóm đỉnh, được gọi là đồ thị con, có các thuộc tính chung. Một cộng đồng là một nhóm các đỉnh có

kết nối nội bộ dày đặc và kết nối ngoài thưa hơn [2].



(a) Cộng đồng rời rạc



(b) Cộng đồng chồng chéo

Hình 1. Minh họa về các loại cộng đồng

Cấu trúc cộng đồng là một phân chia một đồ thị G thành k đồ thị con $C = \{C_1, \dots, C_k\}$ trong đó C_i biểu thị cho cộng đồng thứ i và $V = \bigcup_{i=1}^k C_i$. Như vậy, mỗi đỉnh của đồ thị là thành viên của một và chỉ một cộng đồng. Tuy nhiên, trong các mạng xã hội, một người dùng có thể tham gia nhiều nhóm xã hội có chủ đề khác nhau như gia đình, đồng nghiệp, bạn bè hay trong nhóm có chủ đề cùng quan tâm,... Do đó, trong thực tế cộng đồng có

thể được chia thành hai loại là cộng đồng rời rạc và cộng đồng chồng chéo (Hình 1). Trong cộng đồng rời rạc, mỗi nút chỉ thuộc về một cộng đồng duy nhất, tức là $C_i \cap C_j = \emptyset, \forall i \neq j$. Ngược lại, các đỉnh của cộng đồng chồng chéo có thể thuộc về nhiều cộng đồng khác nhau, tức là $\exists i \neq j, C_i \cap C_j \neq \emptyset$ [2].

3. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN CỘNG ĐỒNG DỰA VÀO KHAI THÁC THÔNG TIN THUỘC TÍNH MẠNG

Phát hiện cộng đồng là một chủ đề nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu đặc biệt là trong lĩnh vực phân tích mạng xã hội. Đã có nhiều phương pháp phát hiện cộng đồng sử dụng các hướng tiếp cận khác nhau đã được đề xuất để áp dụng cho dữ liệu mạng xã hội như phân tích cấu trúc mạng [5,4], mô hình xác suất, phương pháp học sâu,... Phương pháp phát hiện cộng đồng nhận được nhiều sự quan tâm của cộng đồng nghiên cứu là phân tích cấu trúc mạng. Các thuộc tính liên kết, thuộc tính của nút mạng được phân tích để phát hiện cộng đồng. Với sự phát triển nhanh chóng của mạng xã hội và sự phong phú của thông tin người dùng tương tác trên mạng đã thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu trong việc khai thác thông tin thuộc tính để phát hiện cộng đồng. Trong phần này, chúng tôi chỉ tập trung vào mô tả ý tưởng chính của các phương pháp phát hiện cộng đồng hiện có trên mạng xã hội

trong những năm gần đây bằng cách sử dụng phương pháp khai thác các thuộc tính nút và cạnh của mạng. Những thuộc tính nút và cạnh của mạng phản ánh bản chất của dữ liệu của người dùng và các dữ liệu tương tác của các người dùng khi sử dụng mạng xã hội.

Một cộng đồng có thể chứa một vài chủ đề là những nội dung chính mà thành viên cộng đồng thường trao đổi. Để hiểu rõ hơn về ngữ nghĩa cơ bản của cộng đồng, Wang et al. đã nghiên cứu mối tương quan của các chủ đề khác nhau trong cộng đồng [12]. Tác giả đã mô hình hóa sự hình thành của từng khía cạnh dựa trên giả định rằng người dùng có nhiều khả năng giao tiếp với nhau hơn khi họ ở trong cùng một cộng đồng và các chủ đề của họ có mối tương quan chặt chẽ với nhau. Một mô hình tương quan chủ đề đã được thiết kế để tìm hiểu cấu trúc cộng đồng và diễn giải ngữ nghĩa của từng cộng đồng. Jiang và cộng sự đã nghiên cứu tác động của các chủ đề ở cấp độ cá nhân đối với sự hình thành cấu trúc liên kết mạng và nội dung mạng [7]. Họ chỉ ra rằng các chủ đề riêng lẻ trong mạng xã hội đóng vai trò cốt lõi trong việc tạo ra cộng đồng. Nếu hai cá nhân ở trong cùng một cộng đồng và cùng quan tâm đến các chủ đề giống nhau thì điều đó có nhiều khả năng là tương tác với nhau. Ngoài ra, sự tồn tại của mối quan hệ giữa các cá nhân còn phụ thuộc vào mối quan hệ giữa các cộng đồng mà họ tham gia cũng như những chủ đề cùng quan tâm. Jiang đã đề xuất một mô hình phát hiện cộng đồng tổng quát để mô phỏng việc tạo cấu trúc liên kết mạng và nội dung mạng dựa trên các chủ đề riêng lẻ. Yang đã đề xuất phương pháp phát hiện cộng đồng cho các

mạng có thuộc tính nút [14]. Phương pháp được thiết kế dựa trên các giả định sau:

Các nút trong cùng một cộng đồng có khả năng được kết nối với nhau.

Các nút riêng lẻ có thể thuộc về nhiều cộng đồng (tức là các cộng đồng chồng chéo).

Nếu hai nút thuộc về nhiều cộng đồng chung, chúng có nhiều khả năng được kết nối hơn là chỉ chia sẻ một cộng đồng chung duy nhất.

Các nút thuộc cùng một cộng đồng có khả năng chia sẻ các thuộc tính chung.

Phương pháp dựa trên nội dung của nút có nhược điểm là chưa khai thác được yếu tố tương tác giữa các cá nhân. Thông tin liên kết cung cấp thông tin có giá trị để mô tả đặc điểm của cộng đồng. Liu và cộng sự đã đề xuất kết hợp khai thác cấu trúc tô pô của mạng và các thuộc tính nút từ góc độ lan truyền nội dung để phát hiện cộng đồng trong mạng xã hội [9]. Một mạng được xem là một đồ thị động và sự tương tác giữa các nút tạo thành cấu trúc cộng đồng. Phương pháp này xem mạng là một hệ thống động và cộng đồng là trạng thái ổn định được chia sẻ bởi các nút trong cộng đồng đó. Sự tương tác giữa các nút được biểu diễn dưới dạng mô hình tuyến tính về sự lan truyền ảnh hưởng và mô hình hóa các tương tác trực tiếp bằng random walk. Trong thực tế một nhóm trên mạng xã hội người dùng có thể tham gia nhóm mà không cần biết các thành viên khác. Guidi và cộng sự đã đề xuất một phương pháp phát hiện cộng đồng động của cấu trúc người dùng trong các nhóm trên mạng xã hội Facebook [6]. Một nhóm được biểu diễn dưới dạng biểu đồ

trong đó cạnh giữa hai nút biểu thị các nút này đã tương tác với nhau trong nhóm. Để giải quyết tính năng động của cộng đồng, các cạnh có thể được thêm vào khi các cặp nút mới có tương tác và các cạnh có thể bị xóa nếu các nút tương ứng không tương tác trong một khoảng thời gian (được thiết lập trước). Sự tương tác giữa các thành viên trong nhóm được trích xuất để phát hiện cộng đồng động. Phương pháp này cho phép tìm ra các nhóm người dùng giao tiếp nhiều trong khoảng thời gian hiện tại và sự phát triển của các nhóm theo thời gian. Sheng gọi những người có chung sở thích, thói quen và có quan hệ gần gũi thường giao tiếp với nhau hàng ngày là *comfort zone* [10]. Mỗi người dùng thường tương tác thường xuyên với một số người dùng trong *comfort zone* và ít khi tương tác với những người dùng khác ở ngoài vùng đó. Sheng đã đề xuất mô hình tự động xác định cộng đồng trong mạng bằng cách mô phỏng hành vi xã hội của con người. Ý tưởng cơ bản của phương pháp này là xác định *comfort zone* và mô phỏng sự phát triển của cấu trúc mạng trong quá trình truyền bá thông tin.

Các phương pháp phát hiện cộng đồng khai thác cả cấu trúc và thuộc tính của mạng đã chứng minh được tính hiệu quả cao. Wang và cộng sự đã đặt ra hai câu hỏi nghiên cứu [13] đó là: 1) Đối với mỗi liên kết giữa hai nút, quá trình hình thành của nó đối với cấu trúc cộng đồng là gì? 2) Mỗi người dùng đóng góp như thế nào vào việc hình thành ngữ nghĩa mạng? Đối với vấn đề thứ hai, cần xem xét hai khía cạnh là hai loại nội dung trong mạng (nội dung cạnh và nút) và sự quan tâm đến nhiều chủ đề của người

dùng. Bằng cách phân tích một số lượng lớn mạng đã chỉ ra rằng hành vi xã hội của người dùng là yếu tố cơ bản để tạo ra cấu trúc cộng đồng. Hành vi xã hội bao gồm tương tác của người dùng, sở thích đăng bài của người dùng, nhiều chủ đề quan tâm của người dùng và sự thay đổi theo thời gian của các chủ đề quan tâm. Những hành vi xã hội này mô tả chính xác các mối quan hệ bên trong của cấu trúc cộng đồng, ngữ nghĩa của cộng đồng, cấu trúc liên kết mạng và nội dung mạng. Trong mạng xã hội, người dùng giao tiếp với nhau bằng cách chia sẻ tin tức và bình luận về tin tức tạo ra mối quan hệ giữa những người dùng. Nội dung tin tức từ người dùng tạo thành nội dung mạng phản ánh các chủ đề quan tâm của người dùng và thông tin ngữ nghĩa của mạng. Hành vi xã hội của người dùng ảnh hưởng đến cấu trúc cộng đồng và ngữ nghĩa cộng đồng.

Khám phá cộng đồng ngữ nghĩa theo chủ đề là phương pháp nghiên cứu rất đáng quan tâm. Wang và cộng sự đã tích hợp cấu trúc liên kết mạng, nội dung nút và nội dung cạnh để phát hiện các cộng đồng có ngữ nghĩa về mặt cấu trúc và chủ đề cho các mạng động [11]. Theo phương pháp này, mạng dựa trên nội dung được chuyển đổi thành mạng tương tác cạnh nút. Mạng xã hội chứa các nguồn thông tin hữu ích để phân tích cấu trúc mạng, chẳng hạn như chủ đề quan tâm của người dùng và tương tác của người dùng. Akachar và cộng sự đã đặt ra hai câu hỏi nghiên cứu cho bài toán phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội [1]: (1) Làm cách nào chúng tôi có thể khám phá các cộng đồng phản ánh cả điểm mạnh

trong tương tác của người dùng và sở thích của họ? (2) Làm cách nào chúng ta có thể cập nhật cấu trúc cộng đồng để phát hiện các cộng đồng mới mà không cần tính toán lại chúng ở mỗi thời điểm trong toàn mạng? Tác giả đã thiết kế 2 giai đoạn để khám phá và cập nhật cấu trúc cộng đồng. Trong giai đoạn đầu tiên, thuật toán phát hiện cộng đồng tĩnh dựa trên thông tin nội dung và cấu trúc được sử dụng để xác định các cấu trúc cộng đồng ban đầu. Giai đoạn hai, phát hiện và cập nhật lại cấu trúc cộng đồng trên cơ sở khai thác các chủ đề quan tâm của từng nút nhằm xác định chính xác nhóm mà nút đó thuộc về.

Các phương pháp phát hiện cộng đồng bằng cách phân tích liên kết của mạng không phản ánh được ngữ nghĩa như các chủ đề quan tâm được người dùng chia sẻ. Zhao và cộng sự đã đề xuất một phương pháp phát hiện cộng đồng theo định hướng chủ đề kết hợp cả phân cụm đối tượng và phân tích liên kết. Trước hết, phân cụm không gian con để phân cụm tất cả các đối tượng thành các chủ đề. Sau đó, các thành viên liên quan đến các đối tượng được chia thành các cụm chủ đề, trong đó mỗi cụm tương ứng với một chủ đề riêng biệt. Cuối cùng, để phân biệt độ mạnh của các kết nối, phân tích liên kết được thực hiện trên từng cụm chủ đề để phát hiện các cộng đồng theo chủ đề. Vì các liên kết của các nút trong mạng xã hội thường chứa các mô tả ngữ nghĩa nên cộng đồng liên kết có thể mô tả hành vi cộng đồng tốt hơn so với cộng đồng các nút. Việc phát hiện cộng đồng dựa trên cấu trúc liên kết mạng và nội dung mô tả có thể bị giới hạn ở một chủ đề cho mỗi cộng

đồng, điều này có thể không nhất quán với cộng đồng trong mạng xã hội. Jin và cộng sự đã khai thác mối quan hệ giữa các cộng đồng và chủ đề để khám phá các cộng đồng liên kết và trích xuất các bản tóm tắt của cộng đồng có ý nghĩa về mặt ngữ nghĩa tại một thời điểm [8]. Phương pháp này khắc phục hạn chế về của giới hạn một chủ đề cho mỗi cộng đồng.

4. MỘT SỐ THÁCH THỨC TRONG PHÁT HIỆN CỘNG ĐỒNG TRÊN MẠNG XÃ HỘI

Quy mô mạng, lượng người dùng tương tác hàng ngày của các mạng xã hội tăng lên nhanh chóng đã tạo ra một lượng dữ liệu mạng khổng lồ. Các mạng xã hội thường có hàng chục nghìn đến hàng tỷ đỉnh và cạnh cũng như cấu trúc mạng rất phức tạp [3]. Việc phát triển các thuật toán phát hiện cộng đồng có thể áp dụng trên mạng quy mô lớn là một trong những thách thức lớn trong vấn đề phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội. Mạng trong thế giới thực thường là mạng có quy mô lớn, động và không đồng nhất hoặc không đầy đủ. Độ phức tạp tính toán của các thuật toán phát hiện cộng đồng là cũng là một trở ngại lớn. Hầu hết các thuật toán phát hiện cộng đồng hiện tại phải xử lý độ phức tạp tính toán cao và đặc biệt khi áp dụng trên các mạng phức tạp, mạng lớn thì vấn đề càng trở nên khó khăn hơn [4]. Một giải pháp thường được sử dụng là giảm quy mô dữ liệu của mạng bằng cách áp dụng các phương pháp thu nhỏ mạng hoặc xấp xỉ mạng nhưng điều này có thể dẫn đến làm mất mát thông tin ảnh hưởng đến độ chính xác của thuật toán.

Mối quan hệ của người dùng trong

mạng xã hội thường thay đổi theo thời gian, do đó cấu trúc của mạng là cấu trúc động và cộng đồng trên mạng xã hội cũng thay đổi tương ứng. Do tính chất động của mạng nên hầu hết các phương pháp phát hiện cộng đồng bằng kỹ thuật máy học đều phải huấn luyện lại mô hình, do đó rất tốn thời gian và không phù hợp để xử lý theo thời gian thực. Dữ liệu trên mạng xã hội là dữ liệu lớn. Làm thế nào để thực hiện hiệu quả việc phát hiện cộng đồng trên các mạng lớn, dữ liệu lớn là một nhiệm vụ đầy thách thức. Mặc dù, có nhiều phương pháp đã được đề xuất nhưng vẫn còn nhiều thách thức cần giải quyết do sự phát triển động của mạng xã hội và vấn đề xử lý dữ liệu lớn theo thời gian thực. Một đặc trưng khác của mạng xã hội là mạng không đồng nhất ở đó có các loại nút và cạnh khác nhau hoặc các kiểu mô tả nút và cạnh khác nhau, do đó phải có các chiến lược thích hợp để phân cụm các loại nút khác nhau hoặc hợp nhất các lớp khác nhau để suy ra mối quan hệ giữa các nút khác nhau để xác định cộng đồng một cách chính xác. Ngoài ra, đồ thị có hướng và đồ thị có trọng số phản ánh đúng bản chất của mạng xã hội. Do đó, việc phát hiện cộng đồng bằng đồ thị có hướng, đồ thị có trọng số là một hướng nghiên cứu cần quan tâm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E. Akachar, B. Ouhbi and B. Frikh, Acsimcd: A 2-phase framework for detecting meaningful communities in dynamic social networks, Future Generation Computer Systems 125 (2021) 399-420.
- [2] M. Azaouzi, D. Rhouma and L. Ben Romdhane, Community detection in

Mạng xã hội có thể được biểu diễn dưới dạng đồ thị nhiều lớp. Mạng nhiều lớp cung cấp một khung nhìn nhiều lớp để mô tả nhiều loại tương tác khác nhau giữa các thực thể. Mạng nhiều lớp cho phép mô hình hóa mối quan hệ giữa những người dùng từ các góc độ khác nhau. Vì vậy, các cạnh ở các lớp khác nhau có ngữ nghĩa riêng biệt. Mô hình hóa quá trình tiến hóa và phát hiện các cộng đồng trong mạng nhiều lớp là vấn đề cần quan tâm. Một giải pháp khả thi là kết hợp thông tin từ mạng nhiều lớp vào mạng một lớp sau đó sử dụng các thuật toán phát hiện cộng đồng hiện có trên mạng một lớp này.

5. KẾT LUẬN

Bài báo này đã trình bày về bài toán phát hiện cộng đồng trên mạng xã hội và tập trung vào khảo sát các phương pháp phát hiện cộng đồng khai thác thuộc tính mạng. Các đánh giá về đặc điểm của cộng đồng trên mạng xã hội đã được làm rõ đồng thời đã mô tả phương pháp biểu diễn mạng xã hội thành đồ thị. Một số nghiên cứu liên quan đã được trình bày tóm tắt ý thực hiện và các nhận xét liên quan tới cách thực hiện. Cuối cùng, các thảo luận về một số hướng nghiên cứu khả thi và những thách thức trong việc phát hiện cộng đồng.

- large-scale social networks: state-of-the-art and future directions, Social Network Analysis and Mining 9 (2019) 1-32
- [3] K. Berahmand, S. Haghani, M. Rostami and Y. Li, A new attributed graph clustering by using label propagation in complex networks, Journal of King Saud University Computer and Information

- Sciences 34(5)(2022) 1869-1883.
- [4] Q. Chen and L. Wei, Overlapping community detection of complex network: A survey, in 2019 20th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT), IEEE2019, pp. 513-516.
- [5] H. Fani and E. Bagheri, Community detection in social networks, Encyclopedia with semantic computing and robotic intelligence 1(01) (2017) p. 1630001.
- [6] B. Guidi and A. Michienzi, Dynamic community structure in online social groups, Information 12(3)(2021) p. 113.
- [7] H. Jiang, L. Sun, J. Ran, J. Bai and X. Yang, Community detection based on individual topics and network topology in social networks, IEEE Access 8 (2020) 124414-124423.
- [8] D. Jin, X. Wang, D. He, J. Dang and W. Zhang, Robust detection of link communities with summary description in social networks, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 33(6) (2019) 2737-2749.
- [9] L. Liu, L. Xu, Z. Wangy and E. Chen, Community detection based on structure and content: A content propagation perspective, in 2015 IEEE international conference on data mining, IEEE2015, pp. 271-280.
- [10] J. Sheng, J. Hu, Z. Sun, B. Wang, A. Ullah, K. Wang and J. Zhang, Community detection based on human social behavior, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 531 (2019)p. 121765
- [11] C.-D. Wang, J.-H. Lai and S. Y. Philip, Neiwalk: Community discovery in dynamic content-based networks, IEEE transactions on knowledge and data engineering 26(7)(2013) 1734-1748.
- [12] 24a. Y. Wang, D. Jin, K. Musial and J. Dang, Community detection in social networks considering topic correlations, in Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33(01)2019, pp. 321-328.
- [13] 25a. Y. Wang, D. Jin, D. He, K. Musial and J. Dang, Community detection in social networks considering social behaviors, IEEE Access 10 (2022) 109969-109982.
- [14] J. Yang, J. McAuley and J. Leskovec, Community detection in networks with node attributes, in 2013 IEEE 13th international conference on data mining, IEEE2013, pp. 1151-1156.

Liên hệ:

TS. Trần Văn Cường

Khoa Kỹ thuật - Công nghệ thông tin, Trường Đại học Quảng Bình.

Địa chỉ: 18 Nguyễn Văn Linh, Đồng Hới, Quảng Bình

Email: vancuongqbuni@gmail.com

Ngày nhận bài: 01/02/2023

Ngày gửi phản biện: 02/02/2023

Ngày duyệt đăng: 19/02/2024