

Nghiên cứu một số giải pháp kỹ thuật đảm bảo khả năng vận hành liên thông trong mạng lưới đường sắt đô thị Hà Nội

Research on technical solutions for interoperability of urban rail transit network in Hanoi

> TS NGUYỄN THỊ HOÀI AN

Trường Đại học Giao thông vận tải, Email: nguyenthioaian@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích các hạn chế, bất lợi khi các tuyến đường sắt đô thị (ĐSĐT) hiện nay tại TP Hà Nội đang không thể vận hành chung, gây lãng phí về tài nguyên, kỹ thuật. Trong tương lai, nếu các tuyến trong mạng lưới không có các giải pháp để đồng bộ thì vẫn phải vận hành riêng biệt, gây khó khăn cho việc phát triển, ứng dụng công nghệ đường sắt hiện đại và gây lãng phí quỹ đất thành phố sử dụng cho ĐSĐT. Trên cơ sở kinh nghiệm của châu Âu và Trung Quốc về vấn đề này, bài báo đưa ra kết quả nghiên cứu, đề xuất định hướng một số giải pháp kỹ thuật đảm bảo khả năng vận hành liên thông được với các tuyến ĐSĐT tại Hà Nội.

Từ khóa: Đường sắt đô thị; đường sắt; vận hành liên thông; tiêu chuẩn kỹ thuật; quy chuẩn kỹ thuật.

ABSTRACT

The article analyzes the limitations, disadvantages and causes when the current urban railway lines in Hanoi cannot operate, causing waste of resources and technology. Based on the experience of Europe and China on this issue, the article presents research results and proposes orientations for some technical solutions to ensure the interoperability for urban railway lines in Hanoi.

Keyword: Urban rail transit; railway; interoperability; regulation; technical standard.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Nghị quyết số 188/2025/QH15 [1], Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô đến 2030 tầm nhìn đến 2050 [2], từ nay đến năm 2035 thành phố sẽ triển khai 10 tuyến ĐSĐT với tổng chiều dài khoảng 413 km. Hà Nội đang điều chỉnh Quy hoạch chung, bổ sung 5 tuyến đường sắt tổng chiều dài 200 km. Như vậy đến năm 2045 tầm nhìn đến 2065, Hà Nội sẽ có 15 tuyến ĐSĐT với tổng chiều dài 617 km.

Hiện tại, có 02 tuyến ĐSĐT đã đưa vào vận hành là tuyến Cát Linh - Hà Đông và Nhổn - Ga Hà Nội. Trong năm 2025, TP Hà Nội dự kiến khởi công thêm 02 tuyến là số 2 Nam Thăng Long - Trần Hưng Đạo dài 11,5 km và số 5 (Văn Cao - Ngọc Khánh - Láng - Hòa Lạc) dài hơn 38km. Cùng đó là 02 Depot tương ứng.



Hình 1.1 Quy hoạch mạng lưới Đường sắt đô thị thành phố Hà Nội

Thực tế là các tuyến đang vận hành khai thác hiện nay dù cùng chạy trên khổ đường 1435 mm, cùng hệ thống điều chỉnh khiến chạy tàu tự động CBTC và một số đặc tính kỹ thuật chung khác, nhưng các đoàn tàu không thể vận hành liên tuyến, Depot cũng được xây dựng riêng biệt cho mỗi tuyến. Xét về mặt chiến lược kỹ thuật và vận hành, nếu toàn bộ các tuyến ĐSĐT sau này đều tiếp tục triển khai theo hướng này sẽ dẫn đến nhiều bất cập sau:

- Các đoàn tàu là độc lập giữa các tuyến, không thể vận hành chung, không thể điều chuyển tàu giữa các tuyến khi cần thiết. Nhiều trường hợp sẽ có tuyến thừa tàu, có tuyến lại thiếu tàu.
- Số lượng Depot rất lớn gây lãng phí nguồn lực về thiết bị, ứng dụng kỹ thuật công nghệ, nhà xưởng, máy móc, nhân sự Depot dù hạng mục công việc tương tự nhau.

- Lãng phí quỹ đất thành phố để xây dựng Depot cho mỗi tuyến.
- Rất khó khăn khi cần thay đổi, nâng cấp, áp dụng công nghệ mới của đường sắt vào các tuyến trong các giai đoạn sau này.
- Không thể định hướng phát triển công nghiệp đường sắt tự chủ và tập trung.

Một số nguyên nhân chủ yếu của hiện trạng này là:

- Do lịch sử, việc phát triển các tuyến ĐSDT tại Hà Nội trước đây chủ yếu dựa trên nhu cầu cụ thể của thành phố trong mỗi giai đoạn và được hình thành bởi sự tham gia của nhiều nhà đầu tư quốc tế và các nguồn tài trợ khác nhau, với các điều kiện khác nhau;
- Việc phát triển hệ thống ĐSDT tại Hà Nội tập trung vào việc giải quyết tình trạng tắc nghẽn đô thị và cung cấp các giải pháp giao thông hiện đại;
- Việc phát triển các tuyến ĐSDT thường dựa trên dự án, thiếu tầm nhìn đến việc tích hợp tổng thể toàn hệ thống thành một mạng lưới thống nhất về mặt kỹ thuật, công nghệ trong thành phố;
- Về phương diện kỹ thuật, mỗi dự án sử dụng các loại toa xe, hệ thống tín hiệu điều khiển và tiêu chuẩn điện khí hóa khác nhau, không có điểm kết nối tuyến để tàu có thể chuyển tuyến;
- Chưa có chiến lược quốc gia toàn diện nào cho các hệ thống ĐSDT nhằm thực thi khả năng vận hành liên thông và tương thích kỹ thuật giữa các tuyến khác nhau trong mạng lưới.

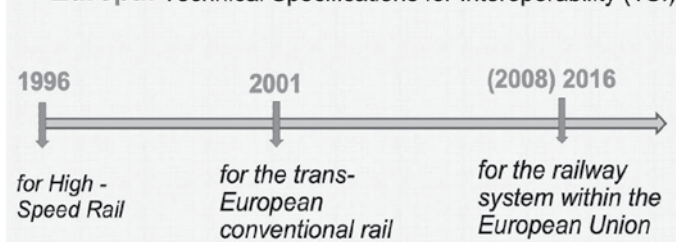
Trước hiện thực này, cần thiết có các giải pháp cả về kỹ thuật lẫn chính sách nhằm đồng bộ hoá các tuyến ĐSDT sắp triển khai với mục tiêu có thể triển khai các tuyến nhanh, đồng bộ, và có thể vận hành liên thông chung, thuật ngữ chuyên ngành là Interoperability, như châu Âu và Trung Quốc đang thực hiện. Khả năng vận hành liên thông cần đảm bảo thống nhất các tuyến về mặt đặc tính kỹ thuật nhưng vẫn có khả năng nâng cấp, hiện đại hoá theo phát triển chung về công nghệ đường sắt.

2. KHẢ NĂNG VẬN HÀNH LIÊN THÔNG TRÊN THẾ GIỚI

Khả năng vận hành liên thông là khả năng của một hệ thống đường sắt cho phép các đoàn tàu có thể vận hành an toàn và liên tục theo mức hiệu quả vận hành yêu cầu. (Tiếng Anh: Interoperability means the ability of a rail system to allow the safe and uninterrupted movement of trains which accomplish the required levels of performance) [3];

Trên thế giới, tại châu Âu, vận hành liên thông được quy định trong Sắc lệnh của Ủy ban châu Âu [3] và được hiện thực hoá thông qua bộ Technical Specifications for Interoperability (Viết tắt là TSI [4], tạm dịch là Bộ các thông số kỹ thuật đảm bảo khả năng vận hành liên thông). TSI được phát triển đầu tiên vào năm 1996 cho mạng lưới đường sắt tốc độ cao trong châu Âu. Đến năm 2001, TSI được phát triển thêm cho hệ thống đường sắt phổ thông khác trong châu Âu. Từ năm 2008-2011, TSI được hoàn thiện và nâng cấp để áp dụng cho toàn bộ các loại hình đường sắt châu Âu (Hình 2.1 [8])

• Europa: Technical Specifications for Interoperability (TSI)



Hình 2.1 Quá trình phát triển TSI tại châu Âu

Vì châu Âu gồm nhiều quốc gia với các tiêu chuẩn kỹ thuật và đặc trưng mạng lưới khác nhau, muốn chạy chung xuyên quốc gia thì cần các quy định kỹ thuật chung, do yêu cầu đó vận hành liên

thông tại châu Âu chỉ áp dụng cho mạng lưới đường sắt phổ thông và tốc độ cao. ĐSDT châu Âu là hệ thống đóng của mỗi thành phố, đã phát triển từ lâu và đã có khả năng vận hành chung tốt.

Tại Trung Quốc, thời kỳ đầu tiên khi phát triển ĐSDT, chưa có bộ thông số kỹ thuật chung. Tuy vậy, nhận thấy rất nhiều lợi ích kỹ thuật và kinh tế của việc sử dụng hệ thống ĐSDT có chung đặc tính kỹ thuật. Từ năm 2010 đã phát triển bộ thông số kỹ thuật chung cho các tuyến ĐSDT mới trong Interoperability white book và đến năm 2018 bắt đầu quy định áp dụng cho các tuyến ĐSDT mới xây dựng.

3. MỘT SỐ GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG VẬN HÀNH LIÊN THÔNG TRONG MẠNG LƯỚI ĐSDT HÀ NỘI

Đối với mạng lưới ĐSDT, khả năng vận hành liên thông là khả năng các tuyến ĐSDT khác nhau hoạt động liền mạch, cho phép tích hợp trơn tru các dịch vụ, hệ thống và cơ sở hạ tầng. Tức là các đoàn tàu, hệ thống tín hiệu, điều khiển, giao thức truyền thông và các thành phần chính khác từ các tuyến hoặc đơn vị vận hành khác nhau có thể hoạt động cùng nhau an toàn, mang lại trải nghiệm gắn kết, hiệu quả và thân thiện với hành khách trên toàn bộ mạng lưới ĐSDT. Về mặt kỹ thuật, mạng lưới ĐSDT tại Hà Nội có nét tương đồng về mặt đa dạng so với hệ thống đường sắt châu Âu: nhiều nhà đầu tư (từ châu Âu, Nhật, Trung Quốc), sự khác nhau về công nghệ điều khiển, kỹ thuật, tiêu chuẩn kỹ thuật... Do đó bên cạnh các giải pháp về chính sách thì cần thiết có các giải pháp kỹ thuật để đạt mục tiêu vận hành liên thông. Lợi ích khi các tuyến ĐSDT Hà Nội có thể vận hành liên thông là:

- Đảm bảo an toàn vận hành trên toàn mạng lưới ĐSDT;
- Đảm bảo khả năng vận hành liên thông giữa các tuyến ĐSDT;
- Khả năng đổi mới và áp dụng tốt nhất các giải pháp công nghệ đường sắt mới và hiệu quả hơn;
- Khả năng lựa chọn nhà cung cấp cạnh tranh nhất, dựa trên các chức năng và giao diện được chuẩn hóa;
- Khả năng lựa chọn giữa các giải pháp kỹ thuật khác nhau, tuân thủ các yêu cầu về chức năng và hiệu suất của các tuyến ĐSDT;
- Phân bổ hiệu quả các nguồn lực đất đai của thành phố, các nguồn lực kỹ thuật và chuyên gia của ĐSDT.

3.1. Xây dựng Bộ thông số kỹ thuật chung cho mạng lưới ĐSDT Hà Nội

a) Yêu cầu chung

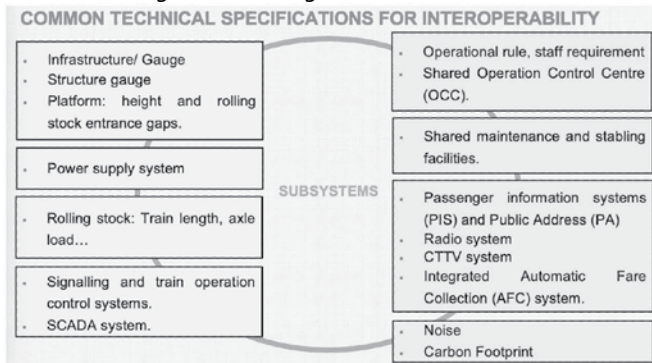
Nhấn mạnh rằng đường sắt, bao gồm cả ĐSDT là hệ thống kỹ thuật tích hợp và tương thích, gồm các hệ thống con phương tiện, cơ sở hạ tầng, tín hiệu và điều khiển, năng lượng, vận hành, dịch vụ hành khách (hàng hoá). Để vận hành liên thông các tuyến, không cần thiết mọi thành phần của hệ thống phải giống hệt nhau, mà chỉ cần xem xét và chuẩn hoá các đặc tính kỹ thuật mang tính quyết định đảm bảo tương thích vận hành của mỗi hệ thống con, như kinh nghiệm từ châu Âu và Trung Quốc. Bộ thông số kỹ thuật chung (tạm gọi là Common Technical specifications for Interoperability- TSI chung) phải đảm bảo các yêu cầu cơ bản sau:

- Đảm bảo chính sách an toàn thống nhất trong toàn mạng lưới;
- Đảm bảo các hệ thống con trong hệ thống ĐSDT hoạt động an toàn, tin cậy, sẵn sàng, có khả năng bảo dưỡng sửa chữa, an ninh (RAMSs), bảo vệ môi trường;
- Tối ưu hóa tính tương thích kỹ thuật chéo giữa các tuyến;
- Cấu trúc mở để không hạn chế bất kỳ sự đổi mới nào, và các giải pháp công nghệ mới có hiệu quả hơn;
- Chuẩn hóa để không hạn chế khả năng cạnh tranh của các nhà cung cấp, nhà sản xuất;
- Chấp nhận nhiều công nghệ và nhà sản xuất.

b) Các hệ thống con và thành phần trong Bộ thông số kỹ thuật chung cho mạng lưới ĐSDT Hà Nội

Xét về mặt kỹ thuật, xây dựng bộ TSI chung được coi là giải pháp cơ bản mang tính quyết định cho vận hành liên thông. Tuy nhiên đây cũng là công việc phức hợp, đòi hỏi sự tham gia và hợp tác chung của nhiều chuyên gia trong lĩnh vực của đường sắt để đảm bảo tính chính xác và đầy đủ. Nghiên cứu cho thấy các phân hệ và thành phần của hệ thống ĐSDT cần triển khai TSI như sau (Hình 3.1 [5], [6]):

- Cơ sở hạ tầng: Khổ đường, khổ giới hạn, ke đờ: chiều dài, chiều rộng và khoảng cách giữa ke đờ và đoàn tàu;
- Năng lượng: nguồn điện, phương thức lấy điện, công suất điện;
- Phương tiện: Chiều dài tàu, chiều rộng cửa tàu, tải trọng trục;
- Hệ thống tín hiệu và điều khiển, Hệ thống SCADA;
- Vận hành: Trung tâm điều hành chung, quy trình vận hành, yêu cầu về nhân lực vận hành.
- Bảo dưỡng: Thiết bị và quy trình bảo dưỡng, sửa chữa;
- Dịch vụ hành khách: Hệ thống thông tin hành khách (PIS) tại ga và trên tàu, hệ thống radio, hệ thống CTTV, hệ thống soát vé tự động AFC;
- Môi trường: Khí thải, tiếng ồn, dấu vết carbon.



Hình 3.1 Mô tả Bộ thông tin số kỹ thuật chung cho vận hành liên thông ĐSDT Hà Nội

Mỗi phân hệ cần thiết lập các nội dung:

- Định nghĩa, mô tả vật lý và chức năng, các yêu cầu kỹ thuật chung;
- Những yêu cầu phải tuân thủ: an toàn, độ tin cậy và sẵn sàng vận hành, yêu cầu về sức khỏe, bảo vệ môi trường và khả năng tương thích kỹ thuật;
- Đặc điểm kỹ thuật và chức năng của phân hệ: các tham số chính riêng đặc trưng, phương pháp tính toán, giao diện với các phân hệ khác;
- Định nghĩa về giao diện chức năng và kỹ thuật cho phép các phân hệ tương thích;
- Các điều kiện về vận hành, nhân sự, bảo trì ...;
- Quy trình đánh giá sự phù hợp để sử dụng cho các thành phần có khả năng tương tác;
- Các nguyên tắc triển khai, tuân thủ TSI chung: khi xây dựng mới và khi nâng cấp.

3.2. Phát triển tiêu chuẩn kỹ thuật trên cơ sở TSI chung

Trên cơ sở TSI chung, cần có chiến lược phát triển hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật phù hợp theo trình tự [7]:

- Phân chia các phân hệ cấu thành hệ thống ĐSDT theo chuẩn chung của đường sắt thế giới;
- Trong mỗi phân hệ, xây dựng khung tiêu chuẩn, chỉ rõ nhóm tiêu chuẩn bắt buộc, nhóm tiêu chuẩn khuyến nghị;
- Phân tích, đánh giá, phân nhóm các tiêu chuẩn nên chuyển dịch từ tiêu chuẩn châu Âu, TCVN sẵn có; các tiêu chuẩn cần xây dựng mới.

Các tiêu chuẩn cần được chia theo mức độ ưu tiên áp dụng để có kế hoạch xây dựng đúng và đủ, kịp thời cùng với tiến độ phê duyệt và thẩm định của dự án.

3.3. Đánh giá lại quy hoạch mạng lưới ĐSDT đảm bảo chức năng vận hành liên thông

Bên cạnh giải pháp về tiêu chuẩn, cần đánh giá lại quy hoạch mạng lưới ĐSDT thành phố với đề xuất các nội dung sau:

- **Vị trí Depot:** Xác định lại số lượng và chức năng các Depot chung cần thiết, từ đó quy hoạch vị trí Depot nhằm đảm bảo hành trình chạy tàu vào/ra Depot ngắn nhất, thuận lợi cho công tác Depot và tiết kiệm quỹ đất thành phố
- **Vị trí Trung tâm điều hành OCC:** Xác định nhiệm vụ, số lượng OCC chung để quy hoạch vị trí OCC. Có thể sử dụng các OCC của 2 tuyến ĐSDT 2A và số 3 để tích hợp.
- **Kết nối giữa các tuyến:** Cần thiết có các tuyến vòng tròn liên kết mạng lưới, đảm bảo cho các đoàn tàu chuyển tuyến thuận lợi, rút ngắn hành trình chạy, đảm bảo cho hành khách chuyển tuyến nhanh và ngắn nhất. Ngoài ra cần xác định lại các ga trung chuyển để thuận tiện cho hành khách chuyển tuyến.
- **Kết nối giữa các Depot:** Cần thiết kế tuyến độc lập nối các Depot để hành trình đoàn tàu ra vào làm tác nghiệp trong Depot được ngắn và nhanh.

4. KẾT LUẬN

Khả năng vận hành liên thông giữa các tuyến trong mạng lưới ĐSDT Hà Nội mang lại nhiều lợi ích không chỉ về kỹ thuật, công nghệ, khả năng triển khai đồng thời các tuyến nhanh, mà còn đảm bảo khả năng tiết kiệm quỹ đất, nguồn lực, và định hướng phát triển công nghiệp đường sắt của TP Hà Nội. Một trong các giải pháp kỹ thuật có tính quyết định là xây dựng bộ thông số, quy định các đặc tính kỹ thuật cơ bản, đặc trưng để đảm bảo các tuyến được đồng bộ vận hành. Bộ thông số này cũng là cơ sở để xây dựng hệ thống tiêu chuẩn thống nhất cho toàn mạng lưới. Bên cạnh đó, việc đánh giá lại vị trí của Depot, OCC và các tuyến nối trong mạng lưới cũng là một trong các giải pháp quan trọng để hiện thực hoá khả năng vận hành chung của mạng lưới ĐSDT Hà Nội trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2025-KT-001TD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nghị quyết số 188/2025/QH15.
 [2]. Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô đến 2030 tầm nhìn đến 2050.
 [3]. Sắc lệnh của Ủy ban châu Âu 96/48/EC; 2016/797/EU.
 [4]. Quy định kỹ thuật châu Âu về hợp chuẩn chung (TSI).
 [5]. Funktionale Anforderungen und Lösungskonzept zu technischen Normen der vietnamesischen Eisenbahn. **Luận văn Tiến sỹ - Nguyễn Thị Hoài An - TU Dresden 2011.**
 [6]. Nghiên cứu lựa chọn tiêu chuẩn, quy trình kỹ thuật về vận hành khai thác và duy tu bảo dưỡng ĐSDT đối với điều kiện ở Việt Nam. **TS Nguyễn Thị Hoài An - Trường ĐH GTVT.**
 [7]. Báo cáo tại Hội thảo về Phát triển hệ thống ĐSDT Hà Nội và TP.HCM. Hà Nội 17-19/01/2024. **TS. Nguyễn Thị Hoài An - Trường ĐH GTVT**
 [8]. Interoperability for Hanoi Metro Network - Technical concepts and solutions. Báo cáo tại hội thảo 2/2025 ĐH GTVT. **TS Nguyễn Thị Hoài An.**