

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH (TVU)

HỘI ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH
VÀ MÔI TRƯỜNG VIỆT NAM (VAEGE)



HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT
VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(VIETGEO 2025)



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Không phần nào trong xuất bản phẩm này được phép sao chép hay phát hành dưới bất kỳ hình thức hoặc phương tiện nào nếu không được phép của Nhà xuất bản Giao thông vận tải

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Số 8 phố Tăng Bạt Hổ - Phường Cửa Nam - TP. Hà Nội

Điện thoại: 024 39423346 - 39424620 * Fax: 024 38224784

Website: www.nxbgtvt.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản, nội dung:

Giám đốc - Tổng Biên tập:

NGUYỄN MINH NHẬT

Biên tập nội dung:

VŨ VĂN BÁI

Biên tập sách điện tử:

VŨ VĂN BÁI

Kỹ thuật sách điện tử:

NGÔ NHỊ LƯƠNG

Trình bày:

HIỀN LƯƠNG

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3850-2025/CXBIPH/1-78/GTVT.

Số quyết định xuất bản: 13 NB/QĐSĐT-XBGT ngày 22/10/2025.

Nộp lưu chiều tháng 10 năm 2025.

ISBN: 978-604-76-3233-6

15. XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM TRONG PHÒNG KHẢO SÁT SỰ LÀM VIỆC CỦA NHÓM TRỤ VẬT LIỆU HẠT RỜI KẾT HỢP VỚI LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT TRONG XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU	
<i>Nguyễn Hải Hà, Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Thái Linh, Lê Thị Hồng Vân</i>	135
16. ẢNH HƯỞNG TRƯỢT NÔNG TỚI ỔN ĐỊNH NỀN ĐƯỜNG GIAO THÔNG Ở VÙNG NÚI - NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TUYẾN TL128 ĐOẠN TỪ CHẶN NỬA ĐI SÌN HỒ, TỈNH LAI CHÂU	
<i>Nguyễn Việt Tiệp, Nguyễn Đức Mạnh, Mai Sỹ Hùng</i>	145
17. ĐƯỜNG SẮT CAO TỐC - KINH NGHIỆM THẾ GIỚI VỀ QUY HOẠCH, XÂY DỰNG, VẬN HÀNH VÀ KHẢO SÁT ĐỊA KỸ THUẬT	
<i>Nguyễn Thành Dương, Nguyễn Quang Phích</i>	155
18. THÀNH LẬP BẢN ĐỒ SỬ DỤNG ĐẤT CHO KHU VỰC XÃ SÓP CỘP, TỈNH SƠN LA PHỤC VỤ ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ TRƯỢT LỞ DỰA TRÊN DỮ LIỆU VIỄN THÁM VÀ GIS	
<i>Dương Văn Bình, Phạm Thị Việt Nga, Phạm Thị Ngọc Hà</i>	163
19. ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP XÁC SUẤT TRONG DỰ BÁO ĐỘ LÚN CỎ KẾT CỦA NỀN ĐƯỜNG ĐẤT YẾU	
<i>Bùi Văn Bình</i>	171
20. NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG VẬT LIỆU ĐÁ TỰ NHIÊN TRONG XÂY DỰNG ĐƯỜNG GIAO THÔNG Ở NINH THUẬN	
<i>Phạm Minh Tân, Bùi Trường Sơn</i>	179
21. NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG XỈ ĐÁY LÒ NHIỆT ĐIỆN THAY THẾ CÁT TỰ NHIÊN TRONG VỮA XÂY	
<i>Nguyễn Văn Hùng</i>	186
22. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA LƯỢNG MƯA TỚI ỔN ĐỊNH NỀN ĐƯỜNG ĐẮP CAO TRÊN TUYẾN CAO TỐC ĐỒNG ĐẰNG - TRÀ LĨNH BẰNG MÔ PHÒNG SỐ	
<i>Nguyễn Bá Đồng, Nguyễn Đức Hạnh</i>	194
23. CƠ SỞ VÀ CÔNG NGHỆ CHUYỂN ĐỔI SỐ ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT	
<i>Nhữ Việt Hà</i>	202
24. MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ CÔNG TÁC QUẢN LÝ CÔNG TRÌNH ĐỂ PHÒNG TRÁNH SỰ CỐ TRONG XÂY DỰNG	
<i>Nguyễn Thị Nụ</i>	211
25. RIVER DYNAMICS AND POST-FLOOD SAND REGENERATION: A GEODYNAMIC AND SEDIMENTOLOGICAL APPROACH	
<i>Pham Phuoc Toan, Do Quang Thien</i>	218

Chủ đề II: KỸ THUẬT XÂY DỰNG VÀ VẬT LIỆU ĐỊA KỸ THUẬT

26. ĐỀ XUẤT TỶ LỆ PHỐI TRỘN XỈ LÒ CAO VỚI CÁT LÀM VẬT LIỆU THAY THẾ CÁT TRONG XÂY DỰNG	
<i>Nguyễn Thị Thanh Nhân, Trần Thanh Nhân, Trần Thị Ngọc Quỳnh, Đỗ Quang Thiên</i>	228
27. THEORETICAL DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE RISK ASSESSMENT MODEL FOR LARGE-SCALE INFRASTRUCTURE PROJECTS: A CASE STUDY OF THE MEKONG DELTA, VIETNAM	
<i>Minh-Huy Vo, Jyh-Bin Yang</i>	238
28. MỘT NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM BÊ TÔNG NHIỀU TRO BAY SỬ DỤNG VẬT LIỆU ĐỊA PHƯƠNG TỈNH VĨNH LONG TRONG XÂY DỰNG BỀN VỮNG	
<i>Huỳnh Thị Mỹ Dung, Huỳnh Văn Hiệp, Nguyễn Thanh Sang</i>	253
29. MÔ HÌNH LƯỚI MÔ PHÒNG TRUYỀN NHIỆT TRONG BÊ TÔNG	
<i>Nguyễn Lê Đạt, Phạm Đức Thọ, Đặng Trung Thành</i>	263

ĐƯỜNG SẮT CAO TỐC - KINH NGHIỆM THẾ GIỚI VỀ QUY HOẠCH, XÂY DỰNG, VẬN HÀNH VÀ KHẢO SÁT ĐỊA KỸ THUẬT

Nguyễn Thành Dương^{1,2*}, Nguyễn Quang Phích³

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất (HUMG)

²Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường, HUMG

³Trường Đại học Văn Lang

*Tác giả liên hệ: Email: nguyenthanhduong@humg.edu.vn

Tóm tắt

Đường sắt cao tốc (ĐSCT), hay đường sắt tốc độ cao (ĐSTĐC) đã được đề cập đến ở nước ta từ 2010 và hiện tại đang được xúc tiến để có thể triển khai xây dựng trong thời gian tới. Do tuyến đường trải dài từ Bắc vào Nam với các điều kiện địa chất, địa chất thủy văn và địa hình đa dạng, phức tạp, nên cũng đã có dự kiến tuyến đường gồm 60% là cầu cạn, 10% là đường hầm và chỉ có 30% là đường trên mặt đất. Trong bối cảnh nhu cầu phát triển kinh tế, đi lại ngày càng cao, việc triển khai xây dựng ĐSCT là cần thiết và cấp bách. Tuy nhiên, do Việt Nam chưa có kinh nghiệm trong lĩnh vực này, đồng thời còn hạn chế về điều kiện kinh tế, kỹ thuật và công nghệ, nên việc nghiên cứu và học hỏi kinh nghiệm từ các quốc gia đã phát triển hệ thống ĐSCT là hết sức quan trọng. Bài viết này nhằm tổng hợp và giới thiệu sơ bộ một số kinh nghiệm trên thế giới, với kỳ vọng góp phần nhỏ trong việc cung cấp cơ sở tham khảo hữu ích cho quá trình quy hoạch, xây dựng, vận hành và khảo sát địa kỹ thuật, hướng tới phát triển hệ thống ĐSCT ở Việt Nam an toàn và bền vững.

Từ khóa: Đường sắt cao tốc (ĐSCT), kinh nghiệm quốc tế, quy hoạch, xây dựng, vận hành ĐSCT, khảo sát địa kỹ thuật.

1. Mở đầu

Trong bối cảnh nhu cầu phát triển hạ tầng giao thông công cộng ngày càng cấp thiết, đường sắt cao tốc (ĐSCT) được xem là một trong những giải pháp chiến lược nhằm thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, kết nối không gian và giảm thiểu tác động môi trường. So với đường sắt thông thường, ĐSCT có tốc độ thiết kế lớn hơn 200km/h và nhiều nước đã khai thác thương mại ở đến vận tốc hơn 300km/h. Nhật Bản là quốc gia đầu tiên trên thế giới đưa vào vận hành tuyến ĐSCT Tokaido Shinkansen từ năm 1964 và duy trì vị trí quốc gia sở hữu mạng lưới ĐSCT lớn nhất thế giới đến năm 2009. Từ năm 2009, Trung Quốc đã vươn lên dẫn đầu khi nước này xây dựng một mạng lưới ĐSCT kết nối các đô thị lớn. Tính đến năm 2025, trên thế giới có gần 60 nghìn km ĐSCT đang được khai thác, cùng với hàng chục nghìn km đang xây dựng, dự kiến xây dựng và quy hoạch (Bảng 1). Các quốc gia phát triển như Nhật Bản, Pháp, Đức, Trung Quốc... đã tích lũy được nhiều kinh nghiệm trong công tác quy hoạch, xây dựng, vận hành hệ thống đường sắt cao tốc, cũng như trong công tác khảo sát địa chất - địa kỹ thuật phục vụ thiết kế nền móng và công trình ngầm. Tại Việt Nam, dự án đường sắt cao tốc (ĐSCT) Bắc - Nam đã được Quốc hội thông qua chủ trương đầu tư tại Nghị quyết số 172/2024/QH15. Theo quy hoạch, tuyến ĐSCT này có chiều dài khoảng 1.541 km, khổ ray đôi tiêu chuẩn 1.435 mm, tốc độ thiết kế tối đa 350 km/h, tải trọng 22,5 tấn/trục; 23 ga hành khách, 05 ga hàng hóa; phương tiện, thiết bị; đường sắt tốc độ cao vận chuyển hành khách, đáp ứng yêu cầu lưỡng dụng phục vụ quốc phòng, an ninh, có thể vận tải hàng hóa khi cần thiết (NQ 172/2024/QH15, ngày 30/11/2024). Trong quy hoạch, nhằm hạn chế tác động chia cắt không gian dân cư, giảm số lượng đường ngang và thích ứng với biến đổi khí hậu, tuyến được dự kiến xây dựng chủ yếu trên cao và trong hầm, chiếm khoảng 70% tổng chiều dài toàn tuyến; còn lại 30% là đường trên mặt đất (<https://giaothong.tapchixaydung.vn/70-tuyen-duong-sat-toc-do-cao-bacnam-di-tren-cao-va-qua-ham-18364183.htm>). Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, quá trình quy hoạch, xây dựng và vận hành ĐSCT không chỉ dựa trên nền tảng công nghệ hiện đại mà còn

gắn liền với công tác khảo sát địa kỹ thuật nhằm bảo đảm tính ổn định, bền vững và an toàn của công trình. Do đó, việc nghiên cứu, tổng hợp và phân tích kinh nghiệm của các quốc gia đi trước trong các lĩnh vực này là cơ sở khoa học quan trọng, góp phần định hướng cho quá trình chuẩn bị và triển khai các dự án đường sắt cao tốc tại Việt Nam trong tương lai.

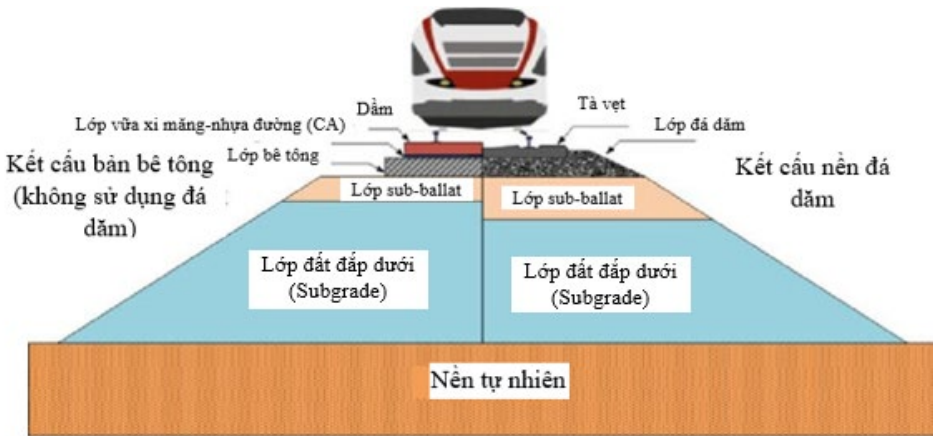
Bảng 1. Thống kê ĐSCT trên thế giới tính đến năm 2024
(<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/high-speed-rail-by-country>)

STT	Quốc gia	Tổng chiều dài (Km)	Đang hoạt động (Km)	Đang xây dựng (Km)	Dự kiến xây dựng (Km)	Quy hoạch (Km)
1.	Trung Quốc	64775	40474	13063	4104	7134
2.	Tây Ban Nha	5579	3661	1055	863	
3.	Nhật Bản	3677	3081	402	194	
4.	Pháp	4460	2735			1725
5.	Đức	2009	1571	147	81	210
6.	Thổ Nhĩ Kỳ	4659	1052	1596	2011	
7.	Phần Lan	1514	1120		394	
8.	Ý	1248	921	327		
9.	Thụy Điển	1412	860	214	338	
10.	Hàn Quốc	922	873	49		
11.	Mỹ	6071	735	274	1278	3784
12.	Ả Rập Xê Út	449	449			
13.	Áo	606	254	281	71	
14.	Ba Lan	1904	224		805	875
15.	Bỉ	209	209			
16.	Ma-rốc	826	186		640	
17.	Thụy Sĩ	176	176			
18.	Indonesia	712		142	570	
19.	Anh	679	113	225	341	
20.	Hà Lan	90	90			
21.	Serbia	388		75	313	
22.	Đan Mạch	56	56			
23.	Ấn Độ	7987		508		7479
24.	Brazil	511				511
25.	Nga	1080		659	421	
26.	Mexico	210			210	
27.	Ai Cập	3375			1570	1805
28.	Việt Nam	1541			1541	
29.	Iran	3104		410	1043	1651
30.	Thái Lan	2642		253	431	1958
31.	Nam Phi	2390				2390
32.	Canada	1523				1523
33.	Úc	1749				1749
34.	Chile	127				127
35.	Cộng Hòa Séc	1005			832	173
36.	Bồ Đào Nha	498		80	418	
37.	Hungary	166			166	
38.	Israel	85			85	
39.	NA Uy	333				333

STT	Quốc gia	Tổng chiều dài (Km)	Đang hoạt động (Km)	Đang xây dựng (Km)	Dự kiến xây dựng (Km)	Quy hoạch (Km)
40.	Latvia	870			870	
41.	Bahrain	180				180
42.	Estonia	870			870	
	Tổng	132.663	58.840	19.760	20.456	33.607

2. Cấu tạo hệ thống đường ray đường sắt cao tốc

Đối với kết cấu đường ray, hiện nay có hai loại kết cấu phổ biến: kết cấu nền đá dăm và kết cấu bản bê tông cốt thép (bản dầm) (Hình 1). Ở nhiều quốc gia, điển hình như Pháp, kết cấu nền đá dăm (ballast track) được sử dụng rộng rãi. Nền đá dăm có chức năng đỡ tà vẹt và ray, đồng thời phân bố tải trọng tác dụng đều xuống nền đất. Tuy nhiên, kết cấu này đòi hỏi công tác bảo trì thường xuyên, do sự mài mòn và xáo trộn lớp đá dăm dưới tác động rung động của tàu, đặc biệt có thể gây hiện tượng “đá văng”. Ngược lại, tại các quốc gia như Đức, Nhật Bản và Đài Loan, kết cấu bản dầm (slab track) được ưu tiên áp dụng cho các tuyến đường sắt cao tốc mới. Loại kết cấu này yêu cầu nền móng phải được thi công với độ chính xác rất cao nhằm đảm bảo không xảy ra lún lệch trong quá trình khai thác. Ưu điểm nổi bật của kết cấu bản dầm là chi phí bảo trì thấp, giúp giảm đáng kể chi phí vận hành; trong điều kiện khai thác bình thường, công tác bảo trì chủ yếu chỉ bao gồm việc thay thế các thanh ray bị mòn. Ngoài ra, đường ray trên bản bê tông thường được thiết kế với tuổi thọ tối thiểu 60 năm.



Hình 1. Kết cấu nền dạng bản bê tông (slab track) và nền đá dăm (ballasted track) (Hu và nnk., 2022)

Một bộ phận quan trọng khác của đường ray ĐSCT là nền đất đắp (Hình 1), đây là dạng công trình phổ biến khi xây dựng ĐSCT qua vùng đồng bằng. Nền đắp bao gồm lớp đắp trên (sub-ballast) và lớp đắp dưới (Subgrade). Đối với kết cấu bản bê tông, lớp đắp trên có chiều dày khoảng 0,4m; còn đối với kết cấu nền đá dăm, lớp này có chiều dày khoảng 0,7m (Bian và nnk., 2018). Lớp đắp trên thường dùng vật liệu đá dăm cấp phối với kích thước hạt lớn nhất nhỏ hơn 60mm. Lớp đất đắp dưới có chiều dày từ 2 đến 3m, thường sử dụng đất cát pha hoặc đất sỏi sạn với kích thước hạt nhỏ hơn 60mm (Tengfei và nnk., 2025). Các yêu cầu kỹ thuật của vật liệu đất đắp subgrade bao gồm môđun biến dạng đàn hồi (K_{30}), môđun động dưới tác dụng của tải trọng tĩnh lặp (E_v) và môđun động dưới tác dụng của tải trọng chu kỳ (E_d) của một số nước trên thế giới được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Giá trị K_{30} , E_v , E_d dùng cho lớp đất đắp ĐSCT ở một số nước (Tengfei và nnk., 2025)

Quốc gia	K_{30} (Mpa/m)	E_v (MPa)	E_d (Mpa)
Trung Quốc	50÷100	80÷150	100÷200
Nhật Bản	60÷120	100÷180	120÷220
Pháp	40÷80	70÷130	90÷180
Đức	50÷90	80÷140	100÷190

Ngoài kết cấu đường ray và nền đắp, hệ thống đường ray ĐSCT còn có các hợp phần khác như đường dây truyền tải điện, hệ thống tín hiệu. Đường dây truyền tải điện trên không được lắp đặt song song với kết cấu đường ray. Các trạm biến áp dọc theo đường dây chuyển đổi dòng điện từ đường dây cao thế thành dòng điện kéo. Đường dây nhánh cung cấp điện cho đường dây trên không, sau đó được kết nối với giá treo bằng cáp treo. Cấu trúc cáp phức tạp này còn được gọi là hệ thống dây xích, được giữ chặt vào cột đường dây trên không bằng các giá đỡ. Các trạm căng dây đảm bảo đường dây trên không được kéo căng và không bị võng. Tín hiệu cũng là một thành phần quan trọng của hệ thống đường ray ĐSCT. Nó cung cấp thông tin trực quan, duy trì khoảng cách an toàn giữa các tàu, ngăn chặn va chạm, và điều khiển chuyển động của tàu, đảm bảo an toàn và hiệu quả hoạt động cho toàn bộ hệ thống. Hệ thống tín hiệu đường sắt bao gồm nhiều thành phần khác nhau: Tín hiệu dưới mặt đất, tín hiệu trên tàu, biển báo hiệu và pháo hiệu, hiệu lệnh của người điều khiển.

3. Kinh nghiệm về quy hoạch, xây dựng và vận hành ĐSCT trên thế giới

3.1 Khi nào thực sự cần một tuyến ĐSCT

Trong quy hoạch đường sắt cao tốc (ĐSCT), việc quyết định khi nào cần xây dựng một tuyến ĐSCT mới phụ thuộc vào nhiều yếu tố kinh tế - xã hội, kỹ thuật và môi trường. Thông thường, một tuyến ĐSCT mới chỉ thực sự cần thiết khi các điều kiện sau đây hội tụ:

1. Nhu cầu vận tải hành khách vượt ngưỡng năng lực hạ tầng hiện hữu

Khi đường sắt thường, đường bộ, hàng không nội địa không còn đáp ứng được lưu lượng hành khách (thường từ 15-20 triệu hành khách/năm trên một hành lang vận tải). Các phương thức khác bị quá tải, chi phí mở rộng (sân bay, đường cao tốc) quá cao hoặc không hiệu quả.

2. Hành lang vận tải có mật độ dân cư, đô thị lớn

Kết nối giữa các đô thị, siêu đô thị hoặc vùng đô thị tập trung, khoảng cách tối ưu từ 200-800 km (ngắn hơn thì đi ô tô/xe buýt hiệu quả hơn, dài hơn thì hàng không cạnh tranh hơn). Ví dụ: tuyến Tokyo - Osaka (515 km), Paris - Lyon (427 km), hay tuyến Bắc Kinh - Thượng Hải (1.318 km nhưng với mật độ dân cư cực lớn).

3. Yếu tố kinh tế - xã hội

Phù hợp với chiến lược phát triển kinh tế vùng và quốc gia.

Có khả năng tạo động lực tăng trưởng kinh tế, phân bố lại dân cư, phát triển đô thị vệ tinh.

Khi lợi ích kinh tế - xã hội dài hạn > chi phí đầu tư (thường hàng chục tỷ USD).

4. Tính cạnh tranh về thời gian và chi phí

ĐSCT phải rút ngắn thời gian di chuyển so với hàng không và đường bộ. Chi phí vé phải ở mức cạnh tranh với hàng không giá rẻ.

5. Yếu tố môi trường và phát triển bền vững

Khi quốc gia hướng tới giảm phát thải CO₂, giảm phụ thuộc vào hàng không nội địa, hạn chế ùn tắc đường bộ. ĐSCT thường giúp giảm 70-90% lượng khí thải trên mỗi hành khách - km so với máy bay.

6. Khả năng tài chính và nguồn lực

Quốc gia hoặc khu vực có khả năng đầu tư ban đầu rất lớn (đa số dự án ĐSCT > 20-30 tỷ USD). Có khung pháp lý, cơ chế quản lý, và hệ thống tài chính để vận hành và bảo trì tuyến bền vững.

3.2 Kinh nghiệm trong quy hoạch, xây dựng tuyến đường sắt cao tốc

Sau khi quyết định đầu tư xây dựng tuyến đường sắt cao tốc (ĐSCT) mới, công tác quy hoạch và lựa chọn hướng tuyến là bước ưu tiên hàng đầu. Nguyên tắc chung trong quy hoạch là tối thiểu hóa số lượng công trình kỹ thuật phức tạp, song điều này phụ thuộc vào mục tiêu vận tải. Đối với vận tải hàng hóa đơn thuần, việc đào đắp thường chỉ nhằm khắc phục các biến đổi địa hình. Tuy

nhiên, trong trường hợp kết hợp vận tải hành khách và hàng hóa, tuyến đường cần được thiết kế với độ bằng phẳng cao hơn để đảm bảo yêu cầu khai thác. Ngoài yếu tố kỹ thuật, quy hoạch tuyến cần tránh đi qua khu vực đông dân cư, bởi việc xây dựng và tiếng ồn phát sinh trong quá trình khai thác có thể ảnh hưởng tiêu cực đến cộng đồng, đồng thời làm gia tăng nguy cơ khiếu kiện, gây chậm trễ tiến độ dự án.

Bên cạnh đó, vấn đề bảo tồn thiên nhiên cũng cần được quan tâm khi đầu tư xây dựng ĐSCT. Nhiều kinh nghiệm quốc tế cho thấy các tuyến ĐSCT thường được bố trí song song hoặc gần với hệ thống đường cao tốc nhằm hạn chế cắt ngang cảnh quan tự nhiên. Trường hợp tuyến đi qua khu vực có hệ sinh thái nhạy cảm, các biện pháp như di dời loài động thực vật quý hiếm, tái trồng rừng hoặc tạo sinh cảnh thay thế thường được áp dụng để giảm thiểu tác động môi trường, hướng tới một hệ thống “đường sắt xanh”. Một nội dung quan trọng khác trong giai đoạn chuẩn bị là ước tính chi phí đầu tư. Việc đánh giá tài chính đóng vai trò quyết định đối với tính khả thi của dự án; chỉ khi có sự đảm bảo nguồn vốn từ ngân sách nhà nước hoặc nhà đầu tư, dự án mới có thể được triển khai nhằm tránh tình trạng thiếu hoặc chậm giải ngân trong quá trình thi công.

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy việc quy hoạch ĐSCT cần gắn liền với phát triển vùng. Để tối đa hóa lợi ích, cần phải tổ chức lại mạng lưới giao thông công cộng khu vực (TOD) để kết nối hiệu quả các ga ĐSCT với trung tâm thành phố và các khu chức năng khác, khuyến khích chuyển đổi từ phương tiện cá nhân sang giao thông công cộng (Jica, 2019).

Hiện nay, việc mở rộng các tuyến đường sắt cao tốc (ĐSCT) trên toàn thế giới đang ngày càng gia tăng. Mạng lưới lớn nhất hiện nay nằm ở Trung Quốc, tiếp theo là Tây Ban Nha, Nhật Bản, Pháp và Ý; các tuyến mới đang được xây dựng tại Maroc và Ả Rập Xê Út. Mục tiêu của các tuyến mới được xây dựng là giảm đáng kể khoảng cách thời gian giữa các nhà ga đường sắt cực đại bằng cách can thiệp vào hai thành phần chính của yếu tố cơ bản: khoảng cách và tốc độ. Kết quả nghiên cứu của Russo và nnk. trên của một số tuyến ĐSCT ở châu Âu cho thấy với khoảng cách di chuyển từ 500 đến 1.000km, ĐSCT có khả năng cạnh tranh cao so với đường hàng không. Ví dụ, với khoảng cách thẳng là 500km, khi sử dụng ĐSCT sẽ mất thời gian khoảng 3 giờ; trong khi sử dụng đường hàng không (máy bay) sẽ mất trung bình khoảng 3,5 giờ (bao gồm thời gian di chuyển ra/vào sân bay, thời gian làm thủ tục và thời gian bay) (Russo và nnk., 2025).

Việc quyết định xây dựng ĐSCT ở mỗi quốc gia có mục tiêu và động lực khác nhau (Jica, 2019). Tại Nhật Bản, việc xây dựng các tuyến ĐSCT Shinkansen nhằm đáp ứng nhu cầu đi lại do tăng trưởng kinh tế nhanh chóng, giải quyết tắc nghẽn năng lực vận tải và giảm thời gian di chuyển giữa các thành phố lớn. Tại Pháp, các tuyến ĐSCT được xây dựng nhằm cải thiện khả năng cạnh tranh của đường sắt so với vận tải đường bộ và hàng không, bắt đầu từ tuyến Paris-Lyon. Tại Đức, các tuyến ĐSCT được xây dựng nhằm hình thành hành lang vận tải hàng hóa kết nối các khu công nghiệp phía nam từ cảng biển phía bắc; sau này là kết nối đông-tây. Gần đây, tại Trung Quốc, các tuyến ĐSCT được xây dựng nhằm hiện đại hóa giao thông, cải thiện năng suất kinh tế, tăng năng lực vận tải hàng hóa và giảm tắc nghẽn đường bộ.

3.3 Kinh nghiệm về quản lý, vận hành ĐSCT

Trong nhiều nước có hệ thống ĐSCT, Nhật Bản là một trong những quốc gia có nhiều kinh nghiệm trong việc quản lý, vận hành hệ thống Shinkansen hiệu quả và đúng giờ. Năm 1972, Công ty Đường sắt Quốc gia Nhật Bản bắt đầu triển khai hệ thống kiểm soát tuyến đường được lập trình nhằm đồng bộ hóa lịch trình vận hành. Theo thời gian, nhiều công nghệ hiện đại hơn đã được ứng dụng, tiêu biểu là Hệ thống kiểm soát vận hành giao thông phân tán tự động (ATOS) và Hệ thống quản lý vận hành, bảo trì và an toàn tàu Shinkansen bằng máy tính (COSMOS) (<https://vnexpress.net/nhung-cong-nghe-giup-tau-nhat-ban-den-dung-gio-4933706.html>). ATOS do Công ty Đường sắt Đông Nhật Bản (JR East) vận hành, được sử dụng để điều tiết lưu lượng tàu trên các tuyến ở khu vực đô thị Tokyo. Hệ thống này do Hitachi phát triển và lần đầu tiên triển khai trên tuyến Chuo vào năm 1997, đến nay đã được áp dụng trên 14 tuyến đường sắt trong nước. Tại các ga thuộc mạng lưới ATOS, hành khách có thể theo dõi màn hình điện tử hiển thị thời gian

đến, điểm đến của tàu bằng cả tiếng Nhật và tiếng Anh, đồng thời nhận cảnh báo khi tàu đến hoặc đi qua, cũng như thông báo về sự cố, chậm trễ hay nhắc nhở cấm hút thuốc. Bên cạnh đó, hệ thống còn hỗ trợ lái tàu qua các tín hiệu đèn ma trận, cung cấp chỉ dẫn về việc tăng tốc, giảm tốc hay điều chỉnh thời gian khởi hành, giúp toàn bộ mạng lưới vận hành chính xác theo lịch trình. Trong khi đó, COSMOS - một hệ thống quy mô lớn do JR East đưa vào hoạt động năm 1995 - bao gồm khoảng 500 máy tính và thiết bị đầu cuối kết nối trong mạng lưới, phân bổ tại nhiều hệ thống con và văn phòng liên quan đến Shinkansen. Điểm nổi bật của COSMOS là khả năng tích hợp và phối hợp đồng bộ các hệ thống con thiết yếu như: lập kế hoạch vận tải, kiểm soát vận hành, quản lý bảo trì, giám sát điện năng, điều hành tập trung, quản lý phương tiện và bãi tàu.

Hiện nay, Trung Quốc là quốc gia đang vận hành các tuyến ĐSCT lớn nhất thế giới, chiếm gần 70% chiều dài các tuyến ĐSCT trên thế giới (Bảng 1). Đáng chú ý, Trung Quốc hiện là quốc gia duy nhất trên thế giới vận hành thương mại đường sắt cao tốc ở tốc độ 350 km/h. Việc phát triển hệ thống đường sắt tốc độ cao đã được Trung Quốc hoạch định cách đây khoảng 20 năm và được triển khai quyết liệt từ năm 2003. Chính phủ nước này ban hành chính sách phát triển theo định hướng tiếp thu và ứng dụng công nghệ tiên tiến, đồng thời kết hợp thiết kế, sản xuất với các doanh nghiệp trong nước, trên cơ sở yêu cầu bắt buộc về chuyển giao công nghệ. Tháng 6/2004, Bộ Đường sắt Trung Quốc tổ chức đấu thầu công khai cho tuyến đường sắt cao tốc đầu tiên, với tốc độ thiết kế trên 200 km/h. Kết quả cho thấy chỉ có bốn tập đoàn quốc tế đáp ứng được tiêu chuẩn kỹ thuật, bao gồm Siemens (Đức), Kawasaki Heavy Industries (Nhật Bản), Bombardier (Canada) và Alstom (Pháp). Sau đó, Trung Quốc đã tiến hành mua lại công nghệ đường sắt cao tốc từ các quốc gia này với mục tiêu từng bước nội địa hóa, hướng tới đạt tỷ lệ sản xuất trong nước khoảng 75% (<https://vovgiaothong.vn/newsaudio/trung-quoc-va-kinh-nghiem-phat-trien-duong-sat-cao-toc-d46070.html>).

4. Vấn đề khảo sát địa kỹ thuật khi xây dựng đường sắt cao tốc

4.1 Các vấn đề địa kỹ thuật khi xây dựng ĐSCT

Một trong những vấn đề địa kỹ thuật phổ biến ảnh hưởng đến ổn định của ĐSCT là biến dạng lún của nền đường ray. Do ĐSCT có yêu cầu rất nghiêm ngặt về độ bằng phẳng của đường ray, nên độ lún cục bộ không đồng đều giữa các khu vực khác nhau sẽ ảnh hưởng rất lớn đến quá trình vận hành của ĐSCT. Yêu cầu về độ lún nền đường ray ĐSCT theo tiêu chuẩn ở một số nước trên thế giới được thể hiện trong bảng 3 (Tengfei và nnk., 2025). Có thể thấy, các yêu cầu về độ lún giới hạn của nền đường đắp cũng như độ lún lệch là rất nghiêm ngặt. Trong đó, nền đắp cho kết cấu ray dạng bản bê tông (slab track) có yêu cầu về độ lún giới hạn nhỏ hơn so với kết cấu ray đá dăm (ballast track). Do đó, việc xây dựng ĐSCT trên nền đất yếu rất khó khăn về mặt kỹ thuật và tốn kém về mặt chi phí, đặc biệt là chi phí xử lý nền đất yếu. Ngoài ra, công tác khảo sát địa kỹ thuật khi xây dựng ĐSCT trên nền đất yếu cũng đòi hỏi chi phí lớn nhằm bảo đảm độ tin cậy cho thiết kế. Trên thế giới, nhiều giải pháp xử lý nền đất yếu đã được áp dụng cho công trình ĐSCT, bao gồm: bắc thấm kết hợp đắp gia tải hoặc hút chân không (PVD), cọc đá dăm, cọc đất xi măng (DCM), cọc CFG (xi măng-tro bay-sỏi sạn), hay giải pháp cải tạo nông như thay đất, đầm chặt (Tengfei và nnk., 2025; Zhou và nnk., 2020).

Ngoài biến dạng lún, lún lệch của nền ĐSCT, trong quá trình xây dựng và vận hành ĐSCT còn có thể phát sinh nhiều vấn đề địa kỹ thuật phức tạp khác như ổn định của mái taluy nền đắp, trượt lở mái dốc khi ĐSCT đi qua vùng đồi núi, sự phát sinh áp lực nước lỗ rỗng trong nền đắp dưới tác dụng của tải trọng động do tàu chạy và có thể dẫn đến hiện tượng hóa lỏng nền, hay các vấn đề liên quan đến hầm ĐSCT như sụt lở vách hầm, gương hầm...

Bảng 3. Quy định về độ lún nền đắp ĐSCT ở một số nước (Tengfei và nnk., 2025)

Quốc gia	Nền đắp cho kết cấu ray đá ballast (Ballasted track)	Nền đắp cho kết cấu ray dạng bản bê tông (Slab track)
Trung Quốc	+ Độ lún sau khi thi công: $\leq 50\text{-}100\text{mm}$ + Độ lún ở khu vực chuyển tiếp (ví dụ giữa cầu và đường đắp): $\leq 3\text{cm}$ + Tốc độ lún: $\leq 2\text{cm/năm}$ + Độ lún lệch: $\leq 1/1000$ ($<0,1\%$)	+ Độ lún sau khi thi công: $\leq 15\text{-}30\text{mm}$ + Độ lún lệch: $\leq 1/1000$ (không vượt quá $0,1\%$)
Nhật Bản	+ Độ lún sau khi thi công: $\leq 50\text{-}100\text{mm}$	+ Độ lún sau khi thi công: $\leq 15\text{-}30\text{mm}$
Pháp	+ Độ lún sau khi thi công: $\leq 20\text{-}30\text{mm}$	+ Độ lún sau khi thi công: $\leq 15\text{-}30\text{mm}$

4.2 Công tác khảo sát địa kỹ thuật cho ĐSCT

Trong quá trình quy hoạch và xây dựng tuyến đường sắt cao tốc (ĐSCT), công tác khảo sát và đánh giá địa kỹ thuật đóng vai trò đặc biệt quan trọng. Tuyến ĐSCT thường kéo dài qua nhiều vùng khí hậu, điều kiện địa hình, địa chất, địa chất thủy văn và môi trường khác nhau. Do đó, tuyến có thể đi qua nhiều loại công trình và kết cấu như nền đắp, nền đào, cầu cạn, cầu qua sông và đường hầm nhằm bảo đảm tính liên tục và hiệu quả khai thác. Mỗi loại hình công trình lại đặt ra những yêu cầu khảo sát địa kỹ thuật khác nhau. Chẳng hạn, đối với nền ĐSCT đắp trên đất yếu, cần tập trung xác định đặc trưng cấu trúc và các chỉ tiêu cơ lý đặc thù của đất yếu để phục vụ thiết kế xử lý nền.

Về phương pháp khảo sát, ngoài các công tác khoan thăm dò và thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) thông thường, cần có thêm các thí nghiệm hiện trường như: đo địa vật lý, xuyên tĩnh đo áp lực nước lỗ rỗng (CPTu), xuyên địa chấn (SCPT), nén ngang (PMT, DMT), cắt cánh hiện trường (VST),... Trong phòng thí nghiệm, ngoài các thí nghiệm cơ bản, cần tiến hành thêm các thí nghiệm chuyên biệt như: nén 3 trục (UU, CU, CD), thí nghiệm cố kết, thí nghiệm 3 trục động để đánh giá các chỉ tiêu động học của đất (mô đun cắt động, hệ số giảm chấn, khả năng hóa lỏng).

Hiện nay, Việt Nam chưa có tiêu chuẩn khảo sát địa kỹ thuật riêng cho ĐSCT, trong khi đây là loại công trình đòi hỏi yêu cầu kỹ thuật rất cao. Do đó, việc xây dựng hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) về khảo sát địa kỹ thuật cho ĐSCT là cần thiết. Quá trình xây dựng tiêu chuẩn nên tham khảo và kế thừa kinh nghiệm từ các hệ thống tiêu chuẩn đã phát triển ở các quốc gia có nhiều kinh nghiệm trong lĩnh vực này, điển hình như Nhật Bản, Trung Quốc, Pháp và Đức.

5. Kết luận

Trên cơ sở tổng hợp các thông tin và kinh nghiệm quốc tế, có thể rút ra một số nhận định sau:

Việt Nam hiện chưa có kinh nghiệm trong xây dựng và vận hành đường sắt cao tốc (ĐSCT). Do đó, việc nghiên cứu, tiếp thu các kinh nghiệm quốc tế từ khâu quy hoạch, khảo sát, đánh giá địa kỹ thuật, thiết kế, thi công đến khai thác, vận hành là hết sức cần thiết.

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, các quốc gia đã có hệ thống ĐSCT đều phải trải qua quá trình học hỏi, trao đổi kinh nghiệm, thậm chí thuê tư vấn và giám sát từ nước ngoài. Đây là bước đi tất yếu trong quá trình phát triển.

Đối với công tác khảo sát và đánh giá địa kỹ thuật, cần thiết phải xây dựng hệ thống tiêu chuẩn riêng cho Việt Nam, phục vụ thiết kế và thi công ĐSCT. Việc xây dựng bộ tiêu chuẩn này nên được thực hiện trên cơ sở tham khảo và chọn lọc từ các hệ thống tiêu chuẩn tiên tiến của Nhật Bản, Trung Quốc và một số quốc gia châu Âu như Đức, Pháp.

Tài liệu tham khảo

- Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (Jica)., 2019. Báo cáo Khảo sát thu thập dữ liệu trên dự án đường sắt tốc độ cao bắc-nam tại cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam
<https://vnexpress.net/nhung-cong-nghe-giup-tau-nhat-ban-den-dung-gio-4933706.html>
<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/high-speed-rail-by-country>
<https://vovgiaothong.vn/newsaudio/trung-quoc-va-kinh-nghiem-phat-trien-duong-sat-cao-toc-d46070.html>
<https://giaothong.tapchixaydung.vn/70-tuyen-duong-sat-toc-do-cao-bacnam-di-tren-cao-va-qua-ham-18364183.htm>
 Bian, X., Li, W., Hu, J., Liu, H., Duan, X., Chen, Y., 2018. Geodynamics of high-speed railway. *Transportation Geotechnics* 17, 69-76.
 Hu, J., Wu, Y., Bian, X., Chen, Y., 2022. Investigations into the Critical Speeds in Ballasted and Ballastless Track, in: Tutumluer, E., Nazarian, S., Al-Qadi, I., Qamhia, I.I.A. (Eds.), *Advances in Transportation Geotechnics IV, Lecture Notes in Civil Engineering*. Springer International Publishing, Cham, pp. 473-481. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77234-5_39
 Nghị quyết số 172/2024/QH15 (ngày 30/11/2024). Nghị quyết về Chủ trương đầu tư dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam
 Russo, F., Rindone, C., Maiolo, G.A., 2025. High-Speed Railway Planning for Sustainable Development: The Role of Length Between Conventional Line and Straight Length. *Future Transportation* 5, 68.
 Tengfei, W., Chau, L.N., Tien, T.B., 2025. Overview of advances and practices in high-speed railway earth structures in China. *Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải* 76, 405-419.
 Zhou, S., Wang, B., Shan, Y., 2020. Review of research on high-speed railway subgrade settlement in soft soil area. *Rail. Eng. Science* 28, 129-145. <https://doi.org/10.1007/s40534-020-00214-x>

High-speed railways - World experience in planning, construction, operation and geotechnical survey

Nguyen Thanh Duong^{1,2*}, Nguyen Quang Phich³

¹*Hanoi University of Mining and Geology,*

²*Research Group of Engineering Geology and Geoenvironment (HUMG)*

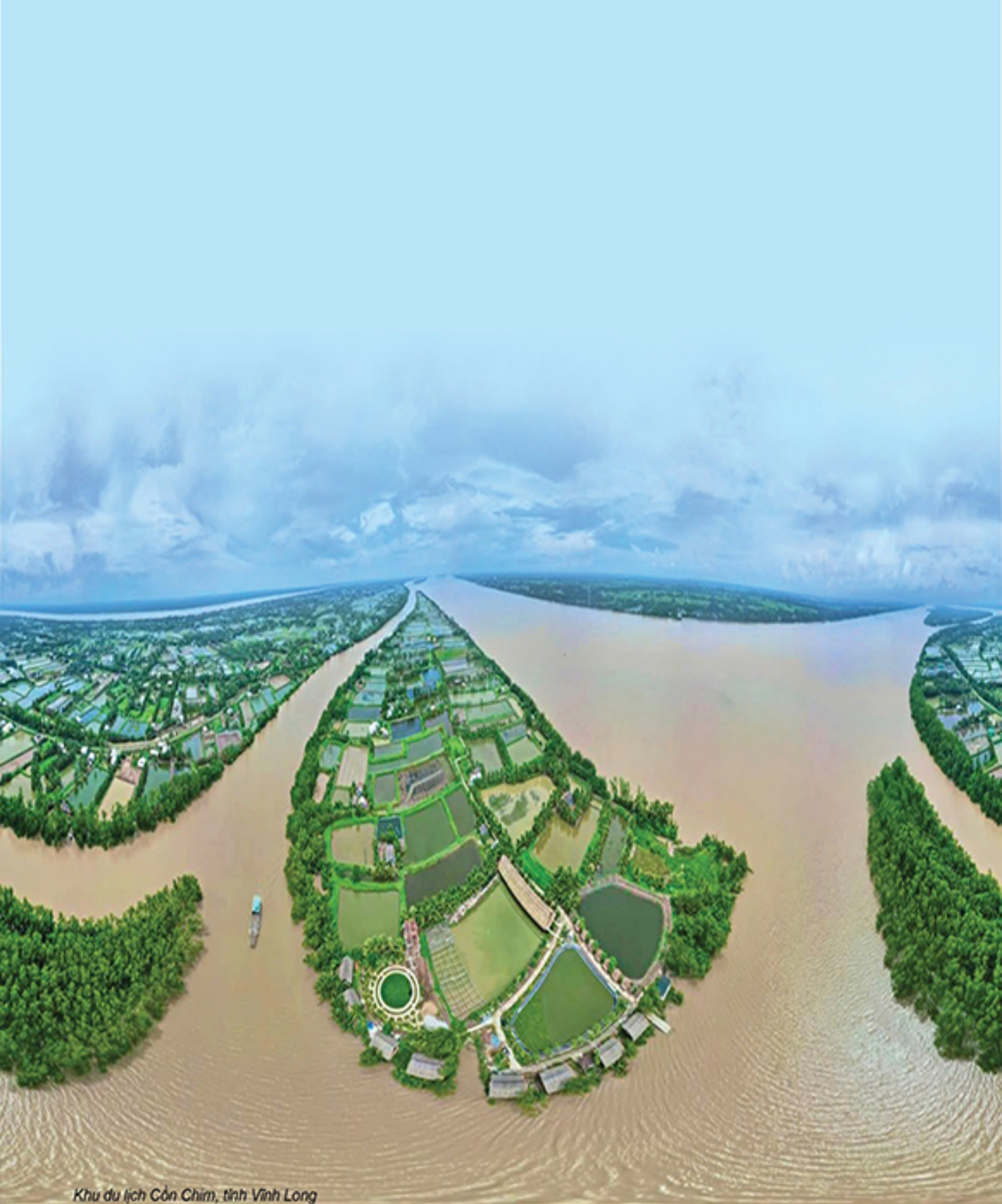
³*Van Lang University*

**Corresponding author: Email: nguyenthanduong@humg.edu.vn*

Abstract

High-speed railway (HSR) has been mentioned in our country since 2010 and is currently being promoted for possible construction in the near future. Because the route stretches from North to South with diverse and complex geological, hydrogeological and topographical conditions, it is expected that the route will consist of 60% viaducts, 10% tunnels and only 30% surface roads. In the context of increasing economic development and travel needs, the implementation of HSR construction is essential. However, due to lack of experience, insufficient economic conditions, and limited techniques and technology, learning from world experience is essential. This article summarizes and briefly introduces some experiences in the world with the hope of making a small, useful contribution to the process of planning, construction, operation and geotechnical survey to serve the safe and sustainable development of the HSR system in our country.

Keyword: High-speed railway (HSR), world experience, planning, construction, operation, geotechnical investigation.



Khu du lịch Côn Chim, tỉnh Vĩnh Long

ISBN: 978-604-76-3233-6



9 786047 632336

SÁCH KHÔNG BÁN