



AN TOÀN GIAO THÔNG TRONG CÁC HỆ THỐNG ƯU TIỀN XE BUÝT

Các đề xuất về lồng ghép vấn đề an toàn vào quy hoạch, thiết kế, và vận hành các tuyến xe buýt chính

Một chương trình của



WORLD RESOURCES INSTITUTE

 **EMBARQ**[®]
www.embarq.org



WORLD BANK GROUP



Người báo cáo:

Nicolae Duduta

Phụ tá Quy hoạch viên Giao thông,
EMBARQ, Viện Tài nguyên Thế giới
nduduta@gmail.com

Claudia Adriaola-Steil

Giám đốc Y tế và An toàn Đường bộ, EMBARQ,
Viện Tài nguyên Thế giới
cadriaola@wri.org

Carsten Wass

Giám đốc Kỹ thuật, Consia Consultants
wass@consia.com

Dario Hidalgo

Giám đốc Nghiên cứu và Ứng dụng, EMBARQ,
Viện Tài nguyên Thế giới
dhidalgo@embarq.org

Luis Antonio Lindau

Giám đốc, EMBARQ Brazil
tlindau@embarqbrasil.org

Vineet Sam John

Phân tích viên Nghiên cứu,
EMBARQ, Viện Tài nguyên Thế giới
vjohn@wri.org

Sản phẩm của

Trung tâm WRI Ross và Thành phố Bến vững

Thiết kế và trình bày bởi:

Carni Klirs, Thiết kế viên Đồ họa
cklirs@wri.org

Báo cáo này được thực hiện với sự tài trợ từ

Bloomberg Philanthropies

Translated from Traffic Safety on Bus Priority Systems- Recommendations for integrating safety into the planning, design and operation of major bus routes published in 2014 by World Resources Institute. Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivative Works 3.0 License.

Được dịch từ An toàn giao thông trong các Hệ thống Ưu tiên xe buýt- Các đề xuất về lồng ghép vấn đề an toàn và quy hoạch, thiết kế và vận hành các tuyến xe buýt chính được xuất bản bởi Viện Tài nguyên Thế giới (World Resources Institute) năm 2014. Được cấp phép theo Giấy phép Creative Commons Ghi nhận công của tác giả - Phi thương mại - Không phái sinh 3.0



NỘI DUNG

i. Lời tựa	3
ii. Tóm tắt Tổng thể	4
1. Khái quát Nghiên cứu	6

CÁC ĐỀ XUẤT VỀ THIẾT KẾ

2. Quản lý Tốc độ	19
3. Đề xuất về phân đoạn đường, đoạn giữa phố, và lối sang đường	23
4. Nghiên cứu Tình huống: TransOeste BRT, Rio de Janeiro	31
5. Các đề xuất về điểm giao cắt	35
6. Nghiên cứu Tình huống: Metrobús Tuyến 4, Thành phố Mexico	57
7. Đề xuất về bến xe buýt	59
8. Nghiên cứu Tình huống: BRT Hoạt động trên Đường cao tốc: Metrobús Istanbul	71
9. Đề xuất về các bến trung chuyển chính	77

10. Nghiên cứu và Phân tích	92
11. Lời cảm ơn	106
12. Tham khảo	107

CÁC THÀNH PHỐ VÀ HỆ THỐNG XE BUÝT ĐƯỢC ĐỀ CẬP TRONG BÁO CÁO NÀY



ĐIỀU TRA AN TOÀN ĐƯỜNG BỘ

- Rede Integrada de Transporte, Curitiba
- TransMilenio, Bogotá
- BRTS, Delhi
- Janmarg, Ahmedabad

MÔ HÌNH TẦN SUẤT TẠI NẠM TRÊN TOÀN THÀNH PHỐ

- Thành phố Mexico
- Guadalajara
- Porto Alegre
- Bogotá

THU THẬP VÀ PHÂN TÍCH DỮ LIỆU BỔ SUNG

- Metrobús Tuyến 2, Thành phố Mexico
- Macrobus, Guadalajara
- TransMilenio, Bogotá
- Megabus, Pereira
- BRT, Santiago de Cali
- SIT, Arequipa
- Đường xe buýt busway, Belo Horizonte
- Boqueirao và Tuyến phía Nam, Curitiba
- Đường xe buýt busway Đông Nam, Brisbane
- BRTS, Delhi
- Đường xe buýt busway, Istanbul
- Metrobús BRT, Istanbul

KIỂM TRA AN TOÀN ĐƯỜNG BỘ TRÊN CÁC BẾN XE BUÝT

- Metrobús Tuyến 3, 4 và 5, Thành phố Mexico
- SIT, Arequipa, Peru
- Đường xe buýt busway C. Machado và Dom Pedro II, Belo Horizonte
- Đường xe buýt busway Antonio Carlos, Belo Horizonte
- TransCarioca BRT, Rio de Janeiro
- TransOeste BRT, Rio de Janeiro
- BRT, Izmit, Thổ Nhĩ Kỳ

CÁC NGUỒN DỮ LIỆU

- Ministerio de Transporte, Colombia, 2011
- Transmilenio S.A. 2011
- Gobierno de la Ciudad de México 2011
- Secretaria de Vialidad y Transporte de Jalisco, 2011
- Estudios, Proyectos y Señalización Vial S.A. de C.V. 2011
- Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), Porto Alegre, 2011
- Matricial Engenharia Consultiva Ltda., 2011
- Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTrans), 2011
- Urbanização de Curitiba S.A. (URBS), 2011
- Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, 2011
- Cảnh sát Delhi, 2010
- Cơ quan Quản lý An toàn và các Hệ thống Đường bộ, Brisbane, Queensland, Úc 2009
- Instituto Metropolitano Protransporte de Lima, 2012
- Istanbul Elektrik Tramvay ve Tünel (İETT)

LỜI TỰA

Đầu tư vào các hệ thống giao thông công cộng chất lượng cao ở các thành phố đang phát triển có thể góp phần mang lại những lợi ích to lớn về an toàn giao thông, đồng thời đáp ứng nhu cầu lưu thông ngày càng gia tăng của người dân thành thị.

Theo Tổ chức Y tế Thế giới, hàng năm có hơn 1,2 triệu người tử vong trong các vụ va chạm trên đường phố khắp thế giới, và phần lớn số nạn nhân thuộc về những quốc gia có mức thu nhập thấp và trung bình. Tình trạng này được dự báo sẽ trở nên tồi tệ hơn nếu không có những sự can thiệp kịp thời về chính sách, và đến năm 2030 các vụ va chạm có thể trở thành nguyên nhân chính đứng hàng thứ năm gây tử vong sớm trên khắp thế giới.

Để đối phó với khuynh hướng tồi tệ này, Liên Hiệp Quốc đã tuyên bố giai đoạn từ năm 2011 đến năm 2020 là Thập kỷ Hành động vì An toàn Đường bộ. EMBARQ và Ngân hàng Thế giới đã phối hợp chặt chẽ với nhau để thúc đẩy hơn nữa những mục tiêu của Thập kỷ Hành động và góp phần đạt được mục tiêu đầy tham vọng là giảm một nửa số lượng người chết do va chạm trước năm 2020.

Báo cáo này là một phần quan trọng trong nỗ lực này, vì nó nhấn mạnh cơ hội duy nhất để thúc đẩy sự đầu tư vào Xe buýt nhanh và những hệ thống ưu tiên xe buýt khác ở các thành phố trên thế giới nhằm cải thiện sự an toàn đồng thời đáp ứng nhu cầu lưu thông ngày càng gia tăng. Sự thực là, số lượng các hệ thống Xe buýt nhanh mới đã gia tăng trong những năm gần đây, nhờ những kinh nghiệm tiên phong ở khu vực Mỹ Latinh đã khích lệ các thành phố ở những khu vực khác trên thế giới cải thiện hệ thống giao thông

công cộng của họ. Tám ngân hàng phát triển đa phương mới đây đã cam kết giành 175 tỉ USD cho giao thông bền vững trong thời gian mười năm tới sẽ góp phần thúc đẩy hơn nữa cho sự tăng trưởng này.

Bằng chứng trong báo cáo này đã cho thấy rõ ràng rằng các hệ thống giao thông công cộng chất lượng cao có thể mang đến những lợi ích lớn về an toàn trên đường phố nơi mà chúng được triển khai, giúp giảm đến khoảng 50% số lượng thương vong. Nhưng để đạt được những lợi ích này, điều quan trọng là phải bảo đảm các hệ thống mới được xây dựng có cơ sở hạ tầng đạt chất lượng cao và những đặc điểm an toàn phù hợp. Báo cáo này đưa ra những đề xuất chi tiết, dựa vào dữ liệu về kết hợp an toàn vào quá trình thiết kế, quy hoạch, và vận hành các loại hệ thống xe buýt khác nhau, được lập ra từ kết quả của việc phân tích dữ liệu, thẩm định an toàn đường bộ và kiểm tra các hệ thống xe buýt hiện hữu trên toàn thế giới.

Chúng tôi 1. khuyến nghị các 2. các nhà quy hoạch, các nhà thiết kế, kỹ sư và những người ra quyết định đã tham gia vào quá trình quy hoạch và thực hiện các hệ thống ưu tiên xe buýt mới hãy sử dụng những đề xuất trong báo cáo này để bảo đảm cho các hệ thống giao thông công cộng mới đạt được hết tiềm năng của chúng trong việc cải thiện sự an toàn và 3. chất lượng cuộc sống.



Marc H. Juhel

Giám đốc Ứng dụng, Ban Giao thông
Nhóm Ngân hàng Thế giới
Giao thông & ICT



Holger Dalkmann

Giám đốc
EMBARQ
Viện Tài nguyên Thế giới



Claudia Adriaola-Steil

Giám đốc, Y tế và An toàn Đường bộ
EMBARQ
Viện Tài nguyên Thế giới

TÓM TẮT TỔNG THỂ

Xe buýt 4. nhanh (BRT) và các hệ thống ưu tiên xe buýt đã trở thành một giải pháp hấp dẫn đối với nhu cầu lưu thông trong đô thị trong những năm gần đây vì chi phí vốn tương đối thấp và thời gian thi công ngắn so với hệ thống giao thông đường sắt.

Bởi vì những hệ thống này ngày càng phổ biến,¹ đã có một số nghiên cứu và hướng dẫn quy hoạch, trong đó mô tả những tùy chọn thiết kế khác nhau có sẵn và tác động của chúng đến việc hiệu quả vận hành của các hệ thống, đồng thời chỉ ra một số khó khăn về thể chế trong quá trình thực hiện (tham khảo Rickert 2007; Hidalgo và Carrigan 2010; và Moreno González, Romana, và Alvaro 2013).

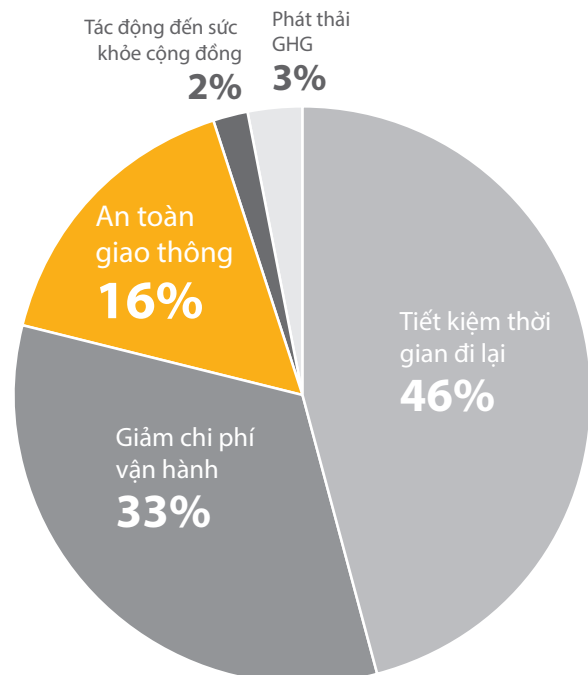
Tuy nhiên, các khía cạnh an toàn giao thông của các hệ thống ưu tiên xe buýt thường không được hiểu rõ như những ảnh hưởng được viện dẫn bằng tài liệu về số lần hành trình, khí nhà kính và khói thải gây ô nhiễm trong khu vực, hay giá trị của đất đai. Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy các hệ thống ưu tiên xe buýt có tác động tích cực đáng kể đối với an toàn giao thông, giúp làm giảm hơn 50% số vụ va chạm nghiêm trọng và gây tử vong trên đường phố nơi chúng hoạt động (Duduta, Lindau, và Adiazola-Steil 2013). Từ đây, chúng tôi ước tính những tác động về an toàn thường chiếm từ 8% đến 16% tổng lợi ích kinh tế của các loại hệ thống này (Hình 1).²

Báo cáo này dựa vào một dự án nghiên cứu sâu rộng về những khía cạnh an toàn giao thông của các hệ thống ưu tiên xe buýt, dựa vào việc phân tích dữ liệu, kiểm tra và thẩm định an toàn đường bộ trên hơn ba mươi hệ thống

xe buýt trên toàn thế giới, và các mô hình mô phỏng vi mô để thử nghiệm tác động của những biện pháp ứng phó an toàn trong quá trình vận hành.

Báo cáo này được thiết kế như là sự hướng dẫn thực hành cho các quy hoạch viên giao thông, kỹ sư và thiết kế viên đô thị tham gia vào quá trình quy hoạch và thiết kế các hệ thống xe buýt. Báo cáo đề cập đến nhiều hệ thống và loại tuyến giao thông khác nhau, từ các làn đường ưu tiên xe buýt đến BRT nhiều làn đường, có dải phân cách, và hiệu suất cao. Chúng tôi xác định những yếu tố rủi ro chính và những tình huống va chạm thường xảy ra, và đề nghị những khái niệm thiết kế để khắc phục các yếu tố này. Chúng tôi cũng xem xét những khái niệm thiết kế chính tác động như thế nào đến hiệu quả vận hành của hệ thống xe buýt, tập trung vào năng lực vận tải hành khách, số lần hành trình và đòi hỏi về số lượng xe cần phải khai thác.

Hình 1 Tác động về an toàn trong tổng lợi ích kinh tế của một BRT Mỹ Latinh điển hình



Tác động an toàn chiếm tới 16% tổng lợi ích kinh tế của một BRT Mỹ Latinh điển hình

SỬ DỤNG TÀI LIỆU HƯỚNG DẪN NÀY NHƯ THẾ NÀO

Tài liệu hướng dẫn này khái quát toàn diện về những khía cạnh khác nhau liên quan đến sự an toàn ở các giai đoạn khác nhau trong quá trình quy hoạch, thiết kế và vận hành hệ thống ưu tiên xe buýt. Nó chủ yếu được sử dụng cho hệ thống xe buýt công suất cao ở các thành phố đang phát triển và chủ yếu dựa vào nghiên cứu từ những khu vực này. Tuy vậy, có nhiều kết luận và đề xuất trong tài liệu hướng dẫn này cũng có thể thích hợp cho các thành phố phát triển và cho cả hệ thống giao thông đường sắt, đặc biệt các tàu điện và đường sắt hạng nhẹ.

Thực vậy, những kết luận của chúng tôi cho thấy rằng những yếu tố rủi ro chính về an toàn trên tuyến giao thông lệ thuộc nhiều vào thiết kế hình học hơn là loại công nghệ được sử dụng (xe buýt hay đường sắt) hay việc tuyến đường giao thông đó nằm ở khu vực nào trên thế giới. Thí dụ, một trong những tình huống va chạm thường xảy ra nhất là các phương tiện giao thông di chuyển dọc theo dải phân cách của tuyến đường chính bị va đụng với những phương tiện đang rẽ. Điều này vẫn đúng cho dù hệ thống vận tải hành khách là BRT ở Rio de Janeiro hay đường sắt hạng nhẹ ở Hoa Kỳ (Duduta và cộng sự năm 2012; Klaver Pecheux và Saporta năm 2009). Điều này không nhất thiết có nghĩa là những phương pháp khắc phục giống nhau được sử dụng cho tất cả mọi hệ thống. Các thành phần tham gia giao thông, những tiêu chuẩn thiết kế đường phố, và sự tuân thủ Biển báo giao thông và các quy định có thể rất khác nhau giữa những địa điểm khác nhau.

Phần **Khái quát Nghiên cứu** trình bày những kết luận chính của nghiên cứu. Những kết luận này được giải thích chi tiết hơn trong phần **Nghiên cứu và Phân tích**, thảo luận về tác động đến an toàn chung có thể dự đoán từ việc triển khai các loại hệ thống xe buýt khác nhau. Chúng tôi thảo luận về những phương pháp khác nhau để ước đoán về những tác động và để đánh giá những lợi ích kinh

tế liên quan đến sự an toàn. Sau đó chúng tôi minh họa cho những phương pháp nói trên bằng những ví dụ từ Bogotá, Thành phố Mexico, Guadalajara, Ahmedabad, và Melbourne. Điều này liên quan đến những giai đoạn đầu trong công việc quy hoạch dự án và đưa ra quyết định tài trợ, vì nó có thể giúp hướng dẫn kết hợp sự an toàn vào phân tích chi phí-lợi ích hay phân tích những chọn lựa thay thế.

Phần **Các Đề xuất về Thiết kế** giới thiệu những minh họa có chú thích về 5. các cấu trúc đường phố thông thường và điểm giao cắt tại nơi thực hiện các hệ thống ưu tiên xe buýt. Chúng được phân loại như sau:

- **Phân đoạn đường phố, mặt cắt và lối qua đường phố**
- **Điểm giao cắt**
- **Bến xe buýt**
- **Bến trung chuyển Chính**

Các khái niệm thiết kế không dành riêng cho từng địa điểm mà nhằm mục đích ứng dụng cho nhiều bối cảnh khác nhau. Ngoài ra, chúng tôi thực hiện các **nghiên cứu trường hợp** để minh họa cho việc ứng dụng cụ thể những khái niệm này. Chúng tôi sử dụng nghiên cứu trường hợp **Rio de Janeiro** để phân tích tác động của những khái niệm thiết kế an toàn của chúng tôi đối với việc vận hành BRT, bằng phương pháp mô phỏng vi mô. Nghiên cứu trường hợp **Thành phố Mexico** là ví dụ về việc triển khai hệ thống ưu tiên xe buýt trên những đường phố chật hẹp ở khu trung tâm lịch sử, trong khi nghiên cứu trường hợp **Istanbul** cho thấy sự vận hành BRT trên đường cao tốc. Chúng tôi cũng sử dụng Istanbul Metrobüs BRT làm nghiên cứu trường hợp về thiết kế bến xe cho các hệ thống xe buýt vận hành trên đường cao tốc.

CHƯƠNG 1

KHÁI QUÁT NGHIÊN CỨU

Tác động đến an toàn chung khi thực hiện hệ thống ưu tiên xe buýt trên tuyến đường giao thông có sự khác nhau tùy vào những đặc điểm của hệ thống và những điều kiện hiện hữu của đường phố.

1.1 NHỮNG TÁC ĐỘNG VỀ MẶT AN TOÀN CỦA VIỆC TRIỂN KHAI HỆ THỐNG ƯU TIÊN XE BUÝT

Ở những thành phố đang phát triển, việc triển khai các hệ thống BRT chạy theo Các hệ thống xe buýt nhanh chạy giữa đường nhìn chung đã chứng minh được tác động tích cực về mặt an toàn (Bảng 1). Nghiên cứu ở Úc cho thấy rằng các hệ thống ưu tiên xe buýt (gồm cả ưu tiên băng tín hiệu và làn đường riêng) cũng đã có tác động tích cực về mặt an toàn. Những nghiên cứu khác từ Hoa Kỳ cho thấy tác động ngược lại - nhiều loại làn đường dành riêng cho xe buýt khác nhau góp phần làm tăng tỉ lệ va chạm.

Những nghiên cứu của chúng tôi chỉ ra rằng sự khác biệt của tác động về mặt an toàn lệ thuộc vào loại hệ thống xe buýt đang được sử dụng không nhiều bằng lệ thuộc vào những thay đổi trong cơ sở hạ tầng đường phố để thích ứng với cơ sở hạ tầng xe buýt. Lý do chính mà hệ thống BRT ở các nước Mỹ Latinh đã mang đến tác động tích cực về mặt an toàn là việc để cho thích ứng với cơ sở hạ tầng BRT, thành phố đã bỏ bớt các làn đường, làm dài phân cách trung tâm, rút ngắn những chỗ đi bộ đi qua đường, và cấm rẽ trái ở hầu hết các điểm giao cắt (Hình 2). Các mô hình tần suất tai nạn của chúng tôi cho thấy rằng tất cả những thay đổi về cơ sở hạ tầng này đều mang đến những tác động tích cực về mặt

an toàn (Bảng 2). Phân tích tác động về mặt an toàn của chúng tôi đã xác nhận điều này ở nhiều hệ thống BRT có tất cả những đặc tính này (ví dụ như Macrobús, Guadalajara, Hình 3).

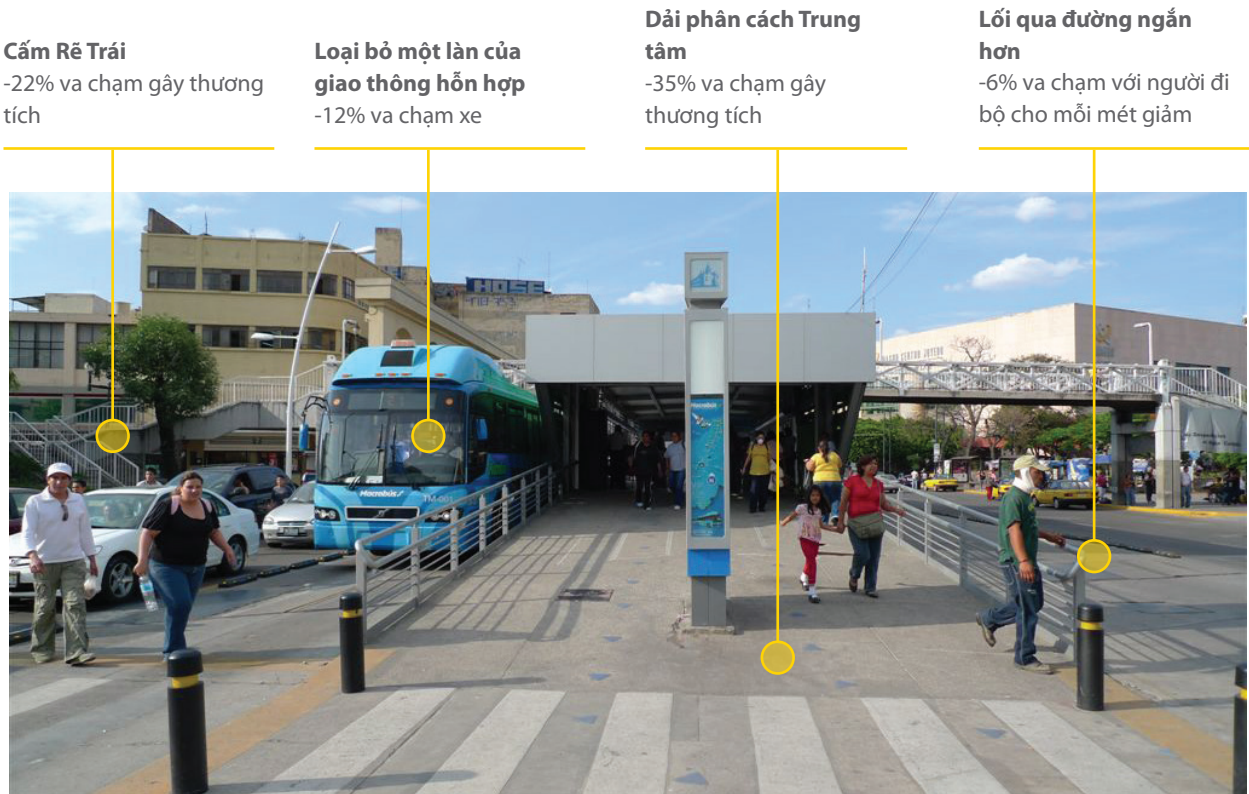
Những tác động về mặt an toàn ở ngoài tuyến đường giao thông

Việc bỏ bớt làn đường khi triển khai hệ thống ưu tiên xe buýt làm giảm năng suất giao thông của đường phố trong hệ thống giao thông hỗn hợp. Mặc dù một số người có thể lo ngại rằng lượng xe cộ phải chuyển qua các tuyến đường song song có thể làm gia tăng số vụ va chạm ở những tuyến đường khác, phân tích dữ liệu từ Guadalajara của chúng tôi cho thấy điều này đã không xảy ra. Chúng tôi đã chọn một vùng đệm 3 km ở cả hai bên tuyến đường giao thông, bao gồm một số trục giao thông chính chạy song song với tuyến BRT. Chúng tôi kết luận rằng số vụ va chạm trong vùng đệm (ngoài tuyến BRT) đã giảm 8% trong cùng một khoảng thời gian - khuynh hướng này tương đồng với phần còn lại của thành phố. Điều này cho thấy rằng những cải thiện về mặt an toàn quan sát thấy trên tuyến BRT ở Guadalajara (Bảng 3) đã không làm giảm sút an toàn dọc theo các đường phố song song.

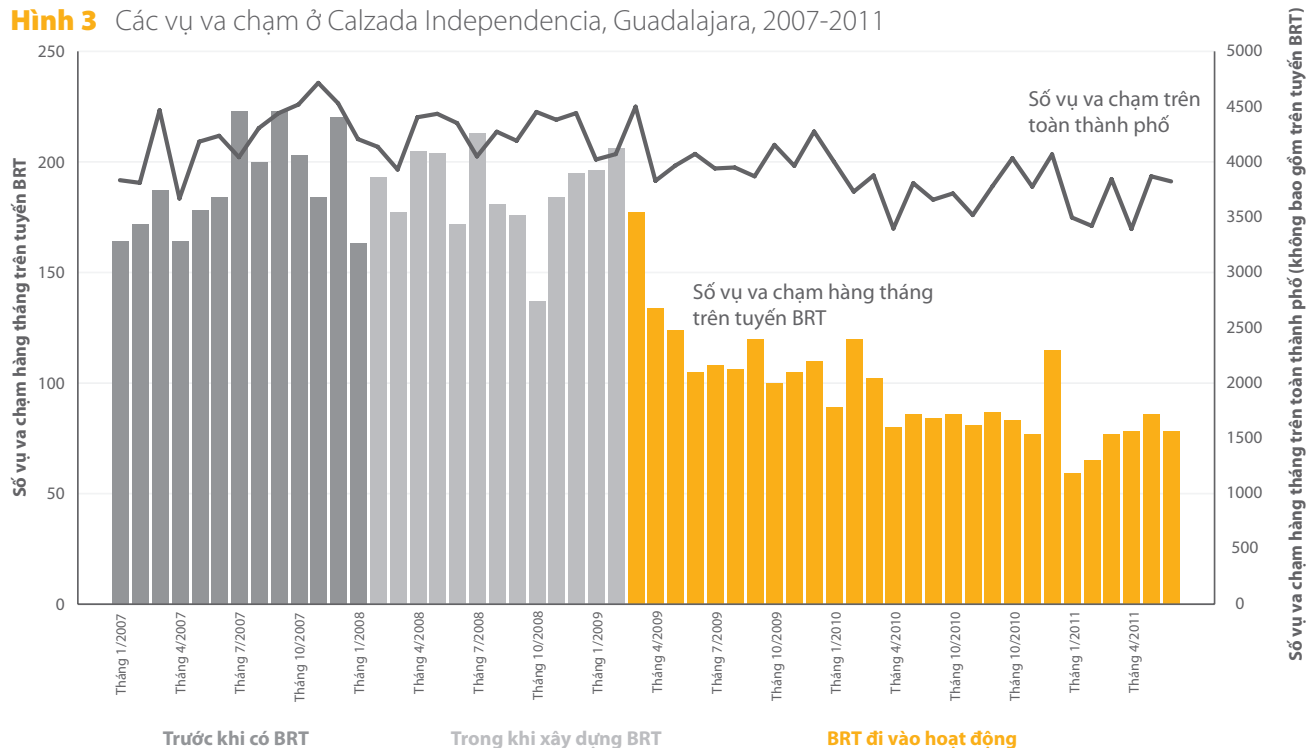
Bảng 1 Tác động an toàn của việc ưu tiên xe buýt

	% thay đổi về số vụ tai nạn	khoảng tin cậy 95%	Nguồn
BRT chính (các nước Mỹ Latinh)			
Tử vong	-47%	(-21%; -64%)	Phân tích của EMBARQ
Chấn thương	-41%	(-35%; -46%)	
Tất cả các va chạm	-33%	(-29%; -36%)	
BRT chính (Mỹ Latinh và Ấn Độ)			
Tử vong	-52%	(-39%; -63%)	Phân tích của EMBARQ
Chấn thương	-39%	(-33%; -43%)	
Tất cả các va chạm	-33%	(-30%; -36%)	
Ưu tiên xe buýt (Úc)			
Tất cả các va chạm	-18%	không áp dụng	Goh và cộng sự 2013
Xe buýt vào giờ cao điểm và Làn dành cho xe chở nhiều người (HOV) (Mỹ)			
Mức độ nghiêm trọng không xác định	+61%	(+51%; +71%)	Elvik và VAA 2008
Làn đường xe buýt vào giờ cao điểm (Mỹ)			
Va chạm gây thương tích	+12%	(+4%; +21%)	Elvik và VAA 2008
Va chạm gây thiệt hại tài sản	+15%	(+3%; +28%)	
Làn đường dành riêng cho xe buýt và taxi (Mỹ)			
Va chạm gây thương tích	+27%	(+8%; +49%)	Elvik và VAA 2008
Mức độ nghiêm trọng không xác định	-4%	(-8%; 0)	

Hình 2 Thay đổi về cơ sở hạ tầng đường phố để thích ứng với một BRT điển hình tại Mỹ Latinh (ở đây là Macrobus, Guadalajara) và lợi ích an toàn liên quan của chúng



Hình 3 Các vụ và chạm ở Calzada Independencia, Guadalajara, 2007-2011



Nguồn: Tính toán từ số liệu thống kê được cung cấp bởi Secretaria de Vialidad y Transporte de Jalisco 2011

Bảng 2 Tác động an toàn của những thay đổi về cơ sở hạ tầng thông chung liên quan đến việc triển khai hệ thống ưu tiên xe buýt

	Loại va chạm	% thay đổi về va chạm	khoảng tin cậy 95%
Chuyển đổi một ngã tư thành hai nút giao chữ T	Nghiêm trọng	-66%	(-1%, -88%)
	Tất cả các loại	-57%	(-37%, -70%)
Loại bỏ một làn giao thông	Nghiêm trọng	-15%	(-11%, -17%)
	Đụng xe	-12%	(-9%, -15%)
Rút ngắn lối đi qua đường (mỗi mét rút ngắn)	Nghiêm trọng	-2%	(-0,04%, -4%)
	Va chạm với người đi bộ	-6%	(-2%, -8%)
Cấm rẽ trái tại các tuyến đường chính	Nghiêm trọng	-22%	(-12%, -32%)
	Đụng xe	-26%	(-10%, -43%)
Tạo một dải phân cách trung tâm	Nghiêm trọng	-35%	(-8%, -55%)
	Đụng xe	-43%	(-26%, -56%)
Tạo một làn xe buýt ngược	Nghiêm trọng	+83%	(+23%, +171%)
	Đụng xe	-35%	(+0,02%, +86%)
	Va chạm với người đi bộ	+146%	(+59%, +296%)
Giảm khoảng cách giữa các đèn hiệu giao thông (cho mỗi 10m)	Nghiêm trọng	-3%	(-1%, -5%)
	Tất cả các loại	+2%	(+0,03%, +4%)
	Va chạm với người đi bộ	-5%	(-1%, -7%)
Cầu đi bộ trên đường cao tốc	Va chạm với người đi bộ	-84%	(-55%, -94%)
Cầu đi bộ trên con đường trục chính	Va chạm với người đi bộ	Không có tác động đáng kể về mặt thống kê	(-23%, +262%)

Tuy nhiên, ở quy mô nhỏ hơn, có một số trường hợp triển khai BRT đã làm gia tăng rủi ro va chạm trên các đường phố lân cận. Cấm rẽ trái ở hầu hết các điểm giao cắt - một đặc điểm thường thấy trong những hệ thống BRT hoạt động trên làn đường ở giữa. Việc rẽ trái được thay bằng đường vòng để chuyển hướng xe cộ lưu thông trong khu vực. Một số đường vòng được thiết kế tốt không làm gia tăng số vụ va chạm trong khu vực chung quanh tuyến

BRT. Tuy nhiên, có ít nhất một trường hợp việc tạo đường vòng đã làm tăng số vụ va chạm ở các điểm giao cắt dọc theo đường đó. Điều này gợi ý rằng việc thiết kế và quy hoạch BRT cần phải mở rộng ra bên ngoài phạm vi tuyến BRT, và cần phải xem xét và giảm thiểu những tác động dây chuyền có thể xảy ra. Chúng tôi trình bày về vấn đề này trong phần Các Đề xuất về Thiết kế.

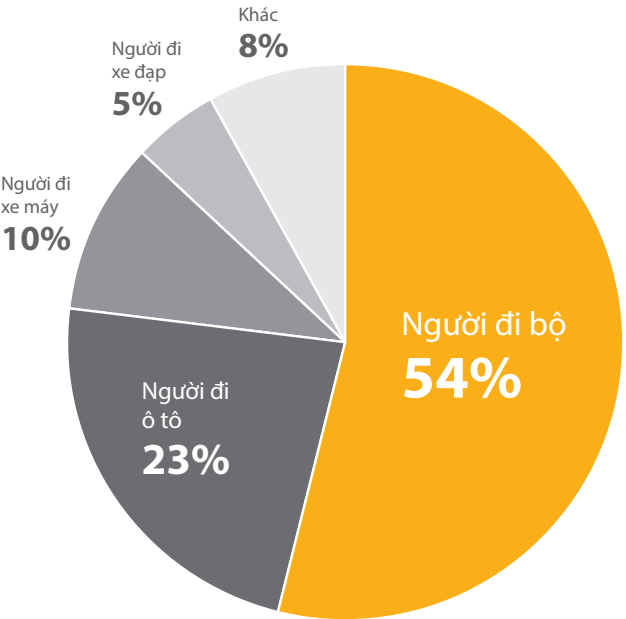
Bảng 3 Kết quả đánh giá tác động an toàn đến hệ thống ưu tiên xe buýt ở Mỹ Latinh, Ấn Độ, và Úc ³

Thành phố	Thay đổi về Hệ thống Xe buýt	Tác động an toàn		
		CÁC VỤ VA CHẠM	CHẤN THƯƠNG	TỬ VONG
Ahmedabad	BRT một làn, chạy trên dải phân cách	-32%	-28%	-55%
Thành phố Mexico	BRT một làn, chạy trên dải phân cách	+11%	-38%	-38%
Guadalajara	Lề đường làn đường ưu tiên xe buýt cho BRT chạy trên dải phân cách với làn vượt tại các bến xe	-56%	-69%	-68%
Bogotá	Dải phân cách đường xe buýt busway tới BRT đa làn	không áp dụng	-39%	-48%
Melbourne	Dịch vụ xe buýt thông thường tới xe buýt ưu tiên sử dụng hàng nhảy và tín hiệu ưu tiên	-11%	-25%	-100%

Những vụ va chạm nghiêm trọng

Mặc dù chỉ chiếm khoảng 7% số lượng các vụ va chạm được báo cáo trên các tuyến xe buýt (tỉ lệ thấp này có thể gợi ý rằng số liệu báo cáo không được đầy đủ), người đi bộ chiếm hơn một nửa số thương vong (Hình 4) trong tất cả các hệ thống xe buýt có trong hệ thống dữ liệu của chúng tôi. Vì vậy việc cải thiện an toàn trên các tuyến xe buýt chủ yếu là vấn đề phòng ngừa các vụ va chạm cho người đi bộ. Nói chung, người đi bộ gặp phải rủi ro cao khi đi qua thường là cách xa những chỗ có vạch lối qua đường. Rủi ro đặc biệt cao ở gần các bến vận tải hành khách, vì hành khách thường đi bằng ngang qua các làn đường dành riêng cho xe buýt chạy vào và ra khỏi bến xe để trốn vé, hay chỉ đơn giản là để đi tắt. Điều này gợi ý rằng thiết kế lối ra vào bến xe, và chỗ đi bộ đi qua đường tốt hơn ở giữa đường, có thể giữ vai trò quan trọng trong việc cải thiện sự an toàn trên các tuyến xe buýt.

Hình 4 Tử vong trên tuyến xe buýt ở người đi bộ (bao gồm dữ liệu từ thành phố Mexico, Guadalajara, Delhi, Ahmedabad, Curitiba, Porto Alegre, và Belo Horizonte)



Người đi bộ thường chiếm hơn một nửa số ca tử vong trên một tuyến xe buýt

1.2 CÁC LOẠI VA CHẠM THƯỜNG GẶP

RÊ TRÁI CẮT QUA LÀN "IN STEAD OF "QUA LÀN ĐƯỜNG ĐƯỜNG XE BUÝT

MỨC ĐỘ NGHIÊM TRỌNG: CAO

Tùy thuộc vào tốc độ đi của xe buýt, các va chạm có thể rất trầm trọng.

Đây là loại phổ biến nhất dẫn đến va chạm giữa xe buýt và giao thông nói chung trên tuyến xe buýt trung tâm. Ngay cả những nơi bị cấm, các xe có thể cố gắng rẽ trái bất hợp pháp, dẫn đến va chạm.

Thay thế việc rẽ bằng các đường vòng là một biện pháp đối phó với vấn đề này, được thảo luận thêm tại các trang 39-40. Đối với các nút giao có rẽ trái, xem trang 43.

CÁC PHƯƠNG TIỆN KHÔNG ĐƯỢC LƯU THÔNG TẠI LÀN ĐƯỜNG XE BUÝT

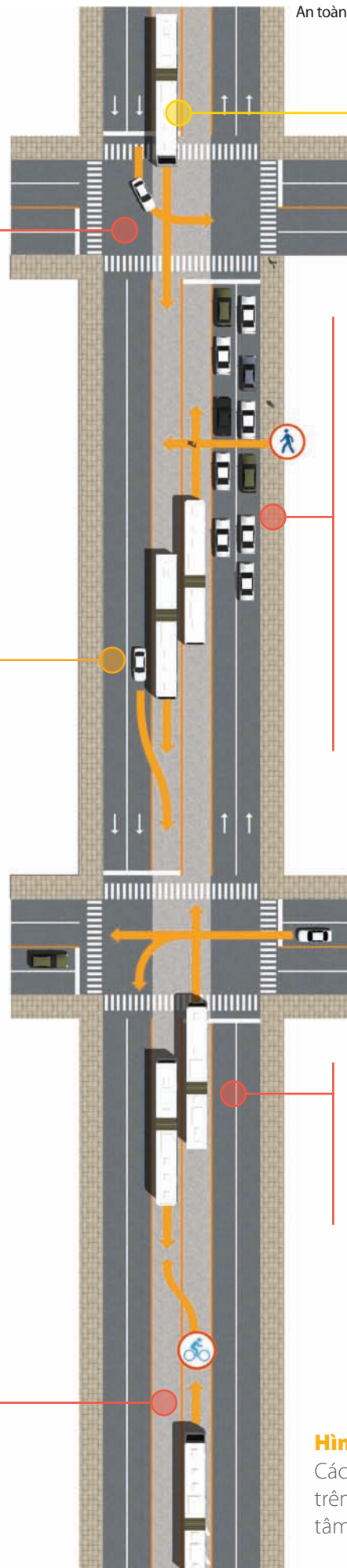
MỨC ĐỘ NGHIÊM TRỌNG: VỪA PHẢI

Đây là một tình huống va chạm phổ biến trên tất cả các tuyến đường BRT với làn đường xe buýt chuyên dụng mà không có sự phân cách giữa các làn đường xe buýt và các tuyến đường khác. Xe trái phép vào làn xe buýt và va chạm với xe buýt.

TAI NẠN GIỮA XE BUÝT VÀ NGƯỜI ĐI XE ĐẠP

MỨC ĐỘ NGHIÊM TRỌNG: CAO

Người đi xe đạp thường xuyên sử dụng các làn xe BRT trên tuyến xe buýt mà không có làn đường xe đạp, dẫn đến ùn ứ và va chạm với xe buýt. Một tình huống nguy hiểm xảy ra khi một người đi xe đạp quan sát một BRT đang đến và cố gắng để ra khỏi con đường. Người đi xe đạp có thể bị tông bởi một chiếc xe khác ở làn đường bên cạnh, hoặc mất kiểm soát và tông vào dải phân cách, dẫn đến chấn thương nghiêm trọng.



Xe buýt nổi tuyến

NGƯỜI ĐI BỘ ĐI QUA ĐƯỜNG

MỨC ĐỘ NGHIÊM TRỌNG: CAO

Đây là một trong những loại va chạm gây tử vong phổ biến nhất liên quan đến xe BRT.

Theo quan sát, người đi bộ cố vượt qua đoạn giao cắt tại điểm dừng giao thông. Ngay cả nếu các làn xe hỗn hợp bị nghiền, các làn đường xe buýt vẫn còn quang và có xe buýt di chuyển ở tốc độ cao. Tầm nhìn của các tài xế xe buýt về người vượt qua đường bị giới hạn, và kết quả là xe buýt thường không thể tránh đụng người đi bộ.

Khuyến nghị thiết kế cho các đoạn đi qua đường được đề cập ở trang 26.

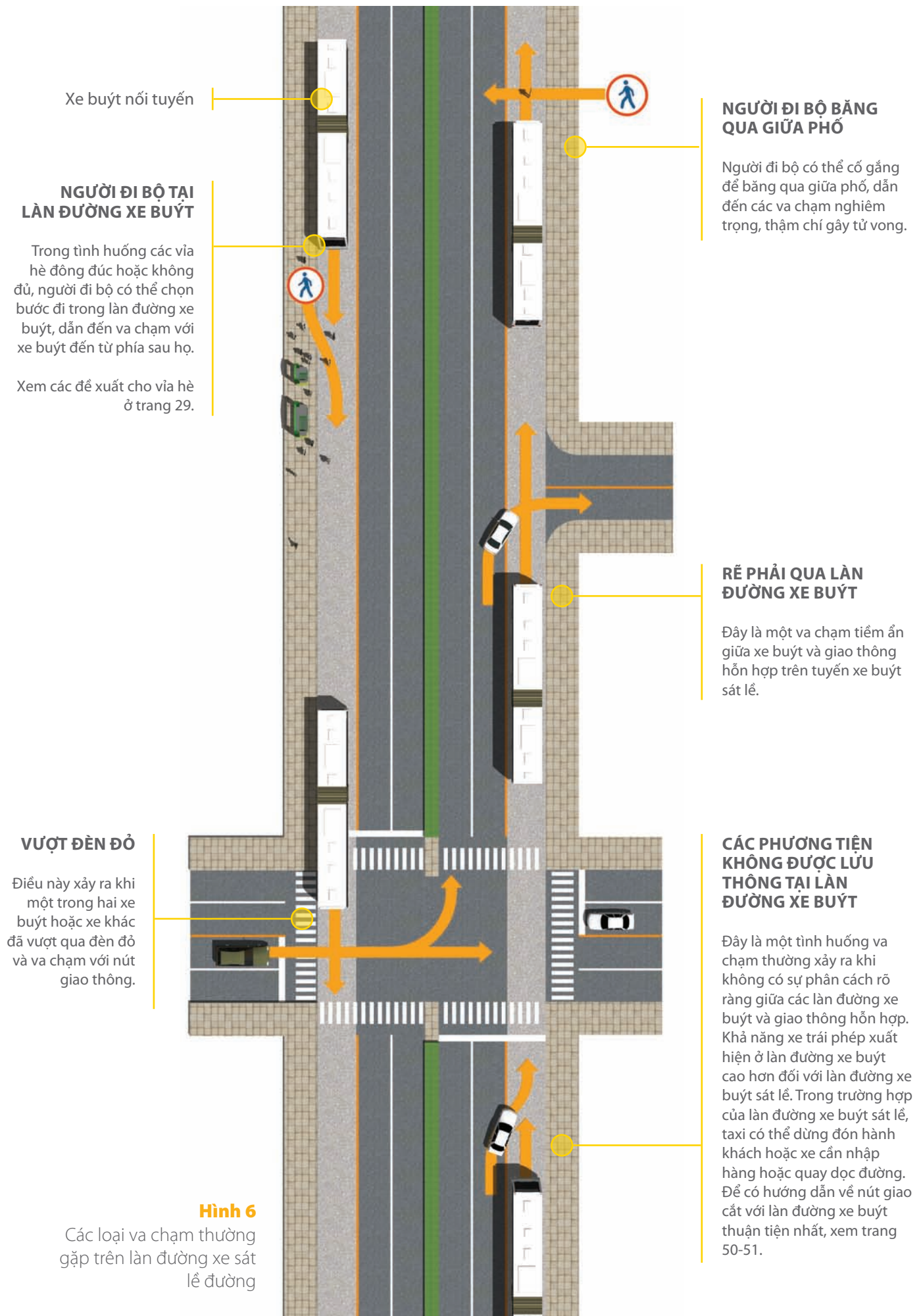
VƯỢT ĐÈN ĐỎ

MỨC ĐỘ NGHIÊM TRỌNG: CAO

Điều này xảy ra khi một trong hai xe buýt hoặc xe khác vượt đèn đỏ và tông nhau tại nút cắt giao thông.

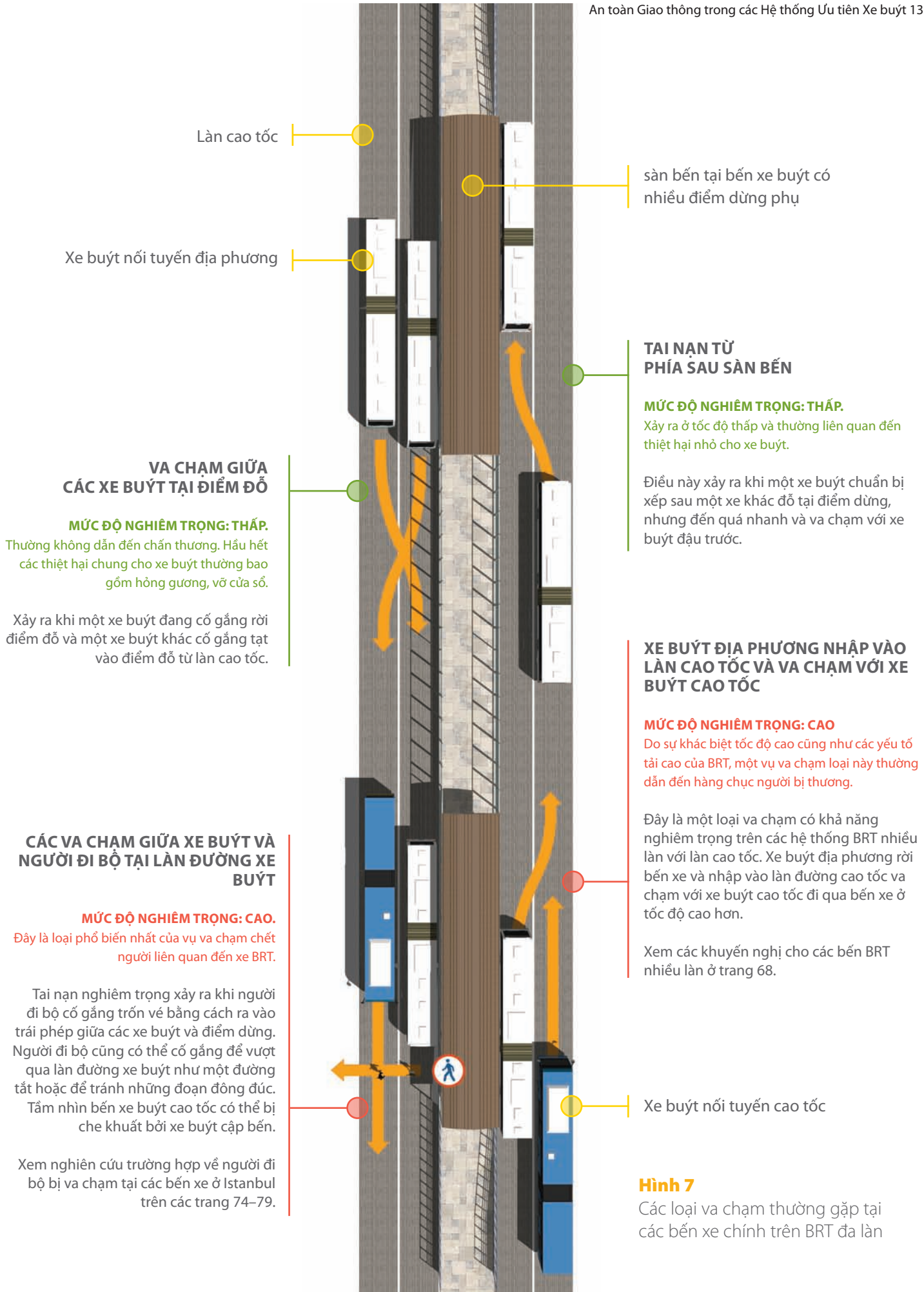
Hình 5

Các loại va chạm thường gặp trên đường busway làn trung tâm và các BRT



Hình 6

Các loại va chạm thường gặp trên làn đường xe sát lề đường



Hình 7

Các loại va chạm thường gặp tại các bến xe chính trên BRT đa làn

1.3 NHỮNG YẾU TỐ TÁC ĐỘNG ĐẾN SỰ AN TOÀN

Thiết kế đường phố và điểm giao cắt

Những kết quả của mô hình tần suất tai nạn của chúng tôi cho thấy chiều rộng của đường cũng như kích cỡ và mức độ phức tạp của các điểm giao cắt là những yếu tố quan trọng nhất liên quan đến tần suất va chạm trên các tuyến xe buýt. Điều này hợp lý, bởi vì ở hầu hết các tuyến xe buýt trong nghiên cứu của chúng tôi, chỉ có khoảng 9% số vụ va chạm xảy ra trong làn đường dành cho xe buýt, trong khi đại đa số những vụ khác xảy ra ở các làn đường tổng quát và không liên quan đến xe buýt. Số lượng lối vào điểm giao cắt là một trong những yếu tố chính, cùng với số làn đường đi vào và khoảng cách tối đa để người đi bộ đi qua đường (Bảng 8, Bảng 4). Các điểm giao cắt nơi mà xe chạy trên những đường cắt ngang được phép đi qua tuyến xe buýt nguy hiểm hơn những điểm giao cắt chỉ cho phép rẽ phải. Các mô hình tần suất tai nạn và kết quả của chúng được trình bày chi tiết hơn trong chương 10.1.

Vị trí của làn đường dành riêng cho xe buýt

Các làn đường xe buýt chạy ngược chiều ở Thành phố Mexico và Porto Alegre được kết luận là có sự tương quan đáng kể với tỉ lệ va chạm cả với xe cộ lẫn người đi bộ (Bảng 4). Sự đồng nhất của kết quả rút ra từ những mô hình khác nhau gợi ý rằng đối với các hệ thống xe buýt, những làn đường chạy ngược chiều là điều nguy hiểm nhất trong tất cả mọi yếu tố được chúng tôi nghiên cứu (xem phần thảo luận chi tiết về lưu thông ngược chiều ở chương 10.1). Chúng tôi cũng kết luận rằng các làn đường xe buýt chạy sát lề ở Guadalajara đã làm gia tăng tỉ lệ va chạm đối với cả xe cộ lẫn người đi bộ, trong khi ở Thành phố Mexico thì không có tác động nào đáng kể về mặt thống kê tần suất va chạm. Mặc dù những kết quả này không phải lúc nào cũng đáng kể, chúng có khuynh hướng chỉ ra rằng các làn đường chạy sát lề có thể là vấn đề, mặc dù không nghiêm trọng bằng các làn đường chạy ngược chiều.



Mỗi ngã thêm vào
một nút giao làm
tăng nguy cơ xe va
chạm lên

65%



Thêm một làn
lưu thông
làm tăng

17%

số vụ va chạm
có thương vong



Cứ mỗi mét thêm tại
một lối qua đường
làm tăng rủi ro va
chạm với người
đi bộ thêm

6%

Đánh giá về tác động đến sự an toàn của các hệ thống xe buýt chạy trên làn đường giữa phức tạp hơn một chút, vì những thay đổi của đường phố do BRT chạy trên làn đường giữa được xác định bởi nhiều nhân tố biến động khác nhau. Khác với những tuyến xe buýt chạy sát lề đường, thông thường chỉ cần thay một làn đường giao thông (hoặc làn đường đậu xe) bằng làn đường xe buýt, các hệ thống chạy trên làn đường giữa đòi hỏi phải tái cấu trúc đường phố nhiều hơn. Thông thường, điều này liên quan đến việc làm dài phân cách trung tâm để thay cho một làn đường giao thông, thu hẹp khoảng cách chỗ đi qua đường của người đi bộ bằng cách tạo ra chỗ dừng chân tạm thời cho người đi bộ ở giữa đường, và tạo ra thêm điểm giao cắt chữ T và giảm bớt số lượng điểm giao cắt bốn chiều dọc theo tuyến BRT. Mặc dù nhân tố biến động có trong hệ thống BRT chạy trên làn đường giữa ở Thành phố Mexico không đáng kể, những nhân tố biến động đại diện cho số làn đường, dài phân cách trung tâm, khoảng cách lối qua đường và số đường rẽ nhánh đều tương quan với tỉ lệ va chạm thấp hơn và đều đáng kể trong những mô hình khác nhau (Bảng 4, Bảng 8). Hãy tham khảo chương 10.1 để biết thêm thông tin chi tiết về việc phân tích dữ liệu va chạm.

Các làn ngược

**có thể làm tăng va chạm
gây tử vong và thương
tật tới**

83%

**Một phân cách
trung tâm có thể**

**giảm tử vong
và chấn thương tới**

35%

Bảng 4 Tác động an toàn của bố trí làn đường xe buýt busway

	Tác động trung bình có trọng số	% thay đổi về va chạm	Khoảng Tin cậy 95%
Sự hiện diện của dải phân cách trung tâm	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	-35%	(-55%, -8%)
	Đụng xe	-43%	(-56%, -26%)
Làn đường xe buýt ngược	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	83%	(+23%, +171%)
	Đụng xe	35%	(+0,02%, +86%)
	Va chạm với Người đi bộ	146%	(+59%, +296%)



Tín hiệu ưu tiên xe buýt tại Vesterbrogade, Copenhagen

CÁC ĐỀ XUẤT VỀ THIẾT KẾ



Trong phần này, chúng tôi cung cấp thiết kế chi tiết, quy hoạch và các đề xuất hoạt động để đảm bảo rằng các phương án an toàn được lồng ghép vào quá trình lập quy hoạch và thiết kế của một đề án ưu tiên vận tải hành khách mới.



Tuyến đường BRT Metrobus Tuyến 1, Avenida Insurgentes, Mexico City

Tất cả những đề xuất của chúng tôi đều dựa vào những kết luận từ việc phân tích dữ liệu hoặc qua quan sát thông thường từ các đợt kiểm tra về an toàn đường bộ được trình bày trong chương 10.

Chúng tôi bắt đầu bằng việc đưa ra những đề xuất tổng thể về các vấn đề như quản lý tốc độ cần được xem xét trên toàn thể tuyến BRT. Sau đó, chúng tôi xem xét cấu trúc cụ thể của đường phố và điểm giao cắt và đưa ra những khái niệm thiết kế chi tiết.

Những hướng dẫn về thiết kế này không phải là để thay thế các cuộc kiểm tra và thẩm định an toàn đường bộ. Thay vì vậy, nên xem chúng là một công cụ bổ sung, để tham vấn trước khi tiến hành quy hoạch tuyến xe buýt mới, và dùng để tham khảo trong suốt quá trình thiết kế. Chúng có thể rất hữu ích trong việc cải thiện an toàn, vì

chúng giúp các nhà quy hoạch, kỹ sư và nhà thiết kế kết hợp những cân nhắc về an toàn trong suốt quá trình quy hoạch và thiết kế tuyến BRT. Tuy nhiên, khác với các cuộc kiểm tra và thẩm định, những hướng dẫn tổng quát này không dành cho từng địa điểm cụ thể, vì vậy những đề xuất trong đó không áp dụng trực tiếp cho một tuyến BRT hay điểm giao cắt cụ thể nào. Những người chịu trách nhiệm thiết kế tuyến BRT toàn quyền thay đổi những đề xuất tổng quát tùy vào điều kiện cụ thể tại địa điểm, đồng thời phải cân nhắc đến những tiêu chuẩn thích ứng về thiết kế và tín hiệu.

Sau cùng trong chương này, chúng ta thảo luận về sự cân bằng giữa an toàn và hiệu quả hoạt động của để án ưu tiên xe buýt, và chúng tôi đề xuất một phương pháp để đánh giá tác động của những phương pháp khắc phục về mặt an toàn đối với tốc độ thương mại, số lần hành trình và năng lực vận tải hành khách.



Tuyến đường xe buýt ở Porto Alegre, Brazil

CHƯƠNG 2

QUẢN LÝ TỐC ĐỘ

Quản lý tốc độ tốt là một trong những chìa khóa để thiết kế một con đường an toàn. Tốc độ là một trong những nguy cơ an toàn quan trọng nhất cần xem xét, vì nó là một trong những yếu tố hàng đầu gây ra các va chạm nghiêm trọng.

Khả năng các vụ va chạm liên quan đến người đi bộ gây tử vong phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ va đập. Nguy cơ tử vong ở tốc độ va đập 50 km/giờ cao hơn gấp hai lần so với nguy cơ tử vong ở tốc độ va đập 40 km/giờ (Rosén và Sander năm 2009). Vì vậy tốc độ lưu thông trung bình cần phải thích hợp với từng loại đường phố và bối cảnh. Bảng 5 cho thấy phạm vi tốc độ lưu thông 85% khuyến nghị cho các loại đường khác nhau. Tốc độ lưu thông 85% là tốc độ của chiếc xe chạy nhanh hơn 85% xe cộ chạy trên đường đó.

Khi một con đường đã được chỉ định vào một trong những phân loại trong Bảng 5 (một con đường có thể có nhiều phân đoạn khác nhau được liệt vào những phân loại khác nhau), bước tiếp theo là áp dụng những biện pháp để bảo đảm không có xe nào chạy vượt quá tốc độ mong muốn. Lưu ý rằng ở đây chúng ta đang nói đến

tốc độ di chuyển thực tế trên đường chứ không phải giới hạn tốc độ quy định. Tốc độ mục tiêu là dành cho cả phương tiện giao thông hỗn hợp lẫn phương tiện vận tải hành khách công cộng, nhưng những biện pháp để đạt được giới hạn tốc độ đó có thể hơi khác nhau cho mỗi nhóm.

Cụ thể, khi có một cơ quan duy nhất vận hành hệ thống vận tải hành khách (và nhất là khi cơ quan đó đặt ra một trung tâm điều khiển vận hành có thể theo dõi tốc độ xe buýt theo thời gian thực), thì tốc độ xe buýt có thể được kiểm soát dễ dàng hơn thông qua việc tập huấn và thi hành luật. Tuy nhiên, đối với giao thông hỗn hợp, có thể sử dụng nhiều biện pháp khác để kiểm soát tốc độ. Ở đây chúng tôi giới thiệu tổng quát về những biện pháp khác nhau để xem xét.

Những biện pháp này được trình bày chi tiết hơn trong các phần tiếp theo.

2.1 Gờ giảm tốc và những thiết bị tương tự

Gờ giảm tốc là một trong những phương tiện hữu hiệu nhất để kiểm soát tốc độ. Gờ giảm tốc là những chỗ mặt đường hơi cao lên một chút và xe cộ có thể chạy qua an toàn ở tốc độ tối đa là 50 km/giờ. Chiều dài và chiều cao của gờ giảm tốc tác động trực tiếp đến tốc độ lưu thông mong muốn. Những gờ này cần phải dễ nhìn thấy và được đánh dấu rõ ràng, thường có màu khác với mặt đường hoặc có bề mặt phản quang, và cũng có biển thẳng đứng ghi rõ vận tốc thích hợp, để người lái xe có thể điều chỉnh vận tốc cho phù hợp. Tốt nhất là có thể sử dụng những gờ này trong toàn bộ chiều dài đường để kiểm soát tốc độ. Trong thực tế, việc này không phải lúc nào cũng khả thi, và trong trường hợp đó chúng tôi đề nghị dùng gờ giảm tốc tại lối vào các điểm giao nhau. Các điểm giao nhau chính bao gồm chỗ đi qua đường ở giữa đường cho người đi bộ và đường vào các nút giao cắt, nhất là sau một đoạn đường dài.

Những phương pháp khác tương tự như gờ giảm tốc:

- **Lối qua đường được đôn cao** là lối đi bộ qua đường rất cần thiết đặt được đặt bên trên gờ giảm tốc. Đây có thể là thiết bị hữu hiệu dùng để qua đường ở giữa đường hoặc qua đường ở điểm giao cắt trên những con đường hẹp.

- **Điểm giao cắt được đôn cao** chỉ tình huống khi toàn bộ khu vực điểm giao cắt được nâng lên bằng với vỉa hè, có chức năng giống như gờ giảm tốc cho mọi loại phương tiện lưu thông. Nút giao cắt được đôn cao hiệu quả với những điểm giao cắt tương đối hẹp (tối đa là hai làn xe trong mỗi con đường). Ở những điểm giao cắt rộng hơn, việc đôn cao toàn bộ khu vực có thể không hiệu quả vì xe cộ vẫn có thể tăng tốc trong khu vực được đôn cao.
- **Đệm giảm tốc** là các gờ hẹp không kéo dài qua hết chiều rộng của đường. Chúng chỉ vừa đủ rộng để bắt buộc những phương tiện loại nhỏ như xe hơi chạy chậm lại nhưng cũng đủ gọn để xe lớn như xe buýt hay các xe khẩn cấp chạy qua mà không cần giảm vận tốc.

Gờ giảm tốc, lối sang đường được đôn cao và nút giao cắt được đôn cao cần phải thiết kế riêng tùy theo vận tốc mong muốn. Thiết kế gờ giảm tốc kém, không phù hợp hay bừa bãi có thể gây nguy hiểm cho người lái xe hơi, và thậm chí còn nguy hiểm hơn cho người đi xe đạp và xe gắn máy.

Bảng 5 Đề xuất 85 phần trăm tốc độ cho các loại đường khác nhau*

Loại đường	Đề nghị 85 phần trăm tốc độ	Mô tả về môi trường đường bộ
Đường cao tốc	80 km/giờ hoặc cao hơn	Một tuyến đường hạn chế phương tiện, không có các nút giao và lối đi bộ qua đường
Đường Trục chính	50 km/giờ	Một trục đường chính trong khu đô thị, gồm nút giao thông có tín hiệu đèn và tại lối qua đường cho người đi bộ
Đường phố ở trung tâm đô thị dày đặc	20 – 30 km/giờ	Một đường phố ở khu vực có lượng người đi bộ rất cao (ví dụ như gần một trung tâm thành phố, chợ lớn, v.v.) với số lượng lớn người đi bộ đi qua đường ở phần dốc

* Tốc độ khuyến nghị cũng phải xem xét các yếu tố khác như đất sử dụng tại các khu vực xung quanh hoặc số lượng người đi bộ lớn hoặc không có giao thông cơ giới

2.2 Khoảng cách đèn hiệu giao thông

Khoảng cách giữa những chỗ có đèn hiệu giao thông là một trong những yếu tố giúp dự đoán tốt nhất vận tốc xe lưu thông trên đường. Những con đường có nhiều điểm giao cắt có đèn hiệu giao thông ở gần nhau thường có tốc độ xe lưu thông chậm. Trái lại, những con đường mà điểm giao cắt có đèn hiệu giao thông ở cách xa nhau sẽ có tốc độ xe lưu thông nhanh hơn. Khoảng cách giữa các điểm giao cắt có đèn hiệu giao thông có mức độ tác động khác nhau đối với những vụ va chạm có mức độ nghiêm trọng khác nhau. Phân tích dữ liệu về đường phố ở Guadalajara (Mexico) cho thấy rằng trong mỗi 10 mét đường sau các điểm giao cắt, số vụ va chạm giảm đi 2%, nhưng số người bị thương và tử vong tăng lên 3% (Bảng 2). Nói cách khác, nhìn chung số vụ va chạm ít hơn nhưng các vụ va chạm lại có khuynh hướng nghiêm trọng hơn. Lý do là càng có nhiều nút giao cắt thì càng có nhiều điểm xung đột và vì vậy số vụ va chạm cũng nhiều hơn, nhưng chúng làm giảm vận tốc lưu thông và kéo theo đó là mức độ nghiêm trọng các vụ va chạm cũng tăng.

Trong thực tế, điều này có nghĩa là ở khu vực đô thị thì không nên để những đoạn đường dài không có đèn hiệu giao thông. Điều này là rủi ro ở khu vực ngoại ô, nhất là trong trường hợp thành phố đã mở rộng đáng kể, và đường lúc đầu dự định làm đường cao tốc về sau được chuyển thành đường đô thị. Đây là vấn đề phức tạp và không có đề xuất lý tưởng về khoảng cách tối ưu giữa những chỗ có đèn hiệu giao thông. Một mặt, những chỗ có đèn hiệu giao thông càng ở cách xa nhau, thì khả năng người đi bộ đi qua đường bất hợp pháp và bị xe đang chạy nhanh đụng phải càng cao. Mặt khác, nếu có quá nhiều chỗ qua đường có đèn hiệu giao thông, có nguy cơ một số người lái xe có thể không tuân theo đèn đỏ (nhất là nếu chỉ giao nhau với đường của người đi bộ). Khuyến nghị ở đây là phải đánh giá theo từng trường hợp để bố trí những chỗ qua đường ở giữa đường có đèn hiệu giao

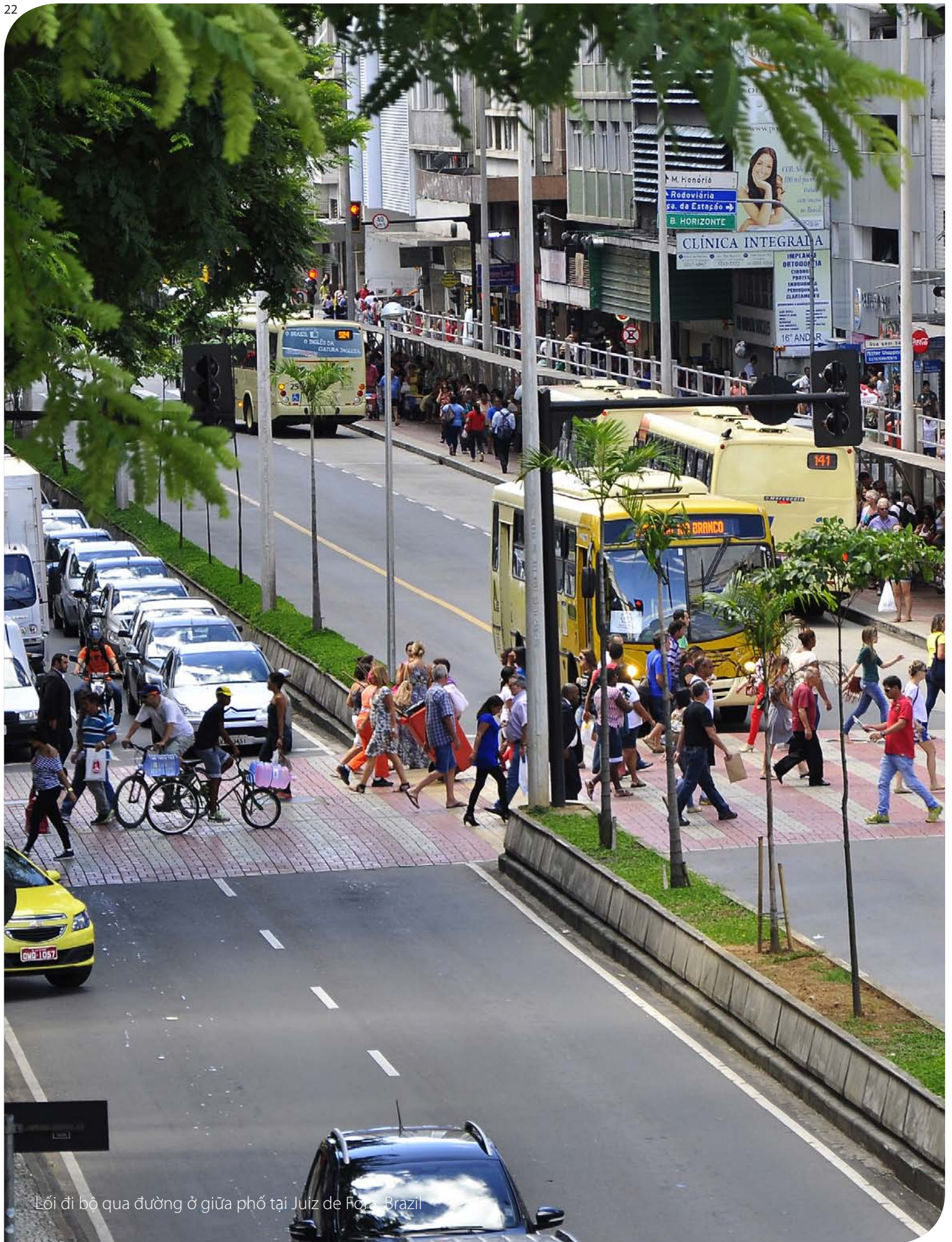


➤ **Chiều dài đoạn đường giữa hai nút giao tăng lên 10 mét liên quan đến việc tăng 3% thương tích vừa tử vong**

thông hợp lý nhằm bảo đảm an toàn tối đa cho người qua đường đồng thời không khích lệ người lái xe không tuân theo đèn hiệu giao thông. Từ quan điểm này, sự cân nhắc chính sẽ là cách sử dụng đất dọc theo tuyến BRT. Những địa điểm ở gần trường học, trung tâm thương mại, hay những chỗ đông người khác thường có nhu cầu đi bộ qua đường cao hơn. Chúng ta sẽ thảo luận vấn đề này chi tiết hơn trong phần thiết kế chỗ qua đường.

2.3 Thực thi quy định về tốc độ

Ngoài những biện pháp về thiết kế nói trên, có nhiều công nghệ hiện hữu để thi hành luật về vận tốc lưu thông trên đường. Ngoài các ra-đa hay máy quay phim vận tốc dành cho giao thông hỗn hợp, cơ quan điều hành vận tải hành khách có thể giám sát tốc độ của xe buýt theo thời gian thực, nhất là nếu cơ quan đó có trung tâm điều hành và nếu các xe buýt được gắn thiết bị GPS.



Lối đi bộ qua đường ở giữa phố tại Juiz de Fora, Brazil

CHƯƠNG 3

ĐỀ XUẤT VỀ CÁC PHÂN ĐOẠN ĐƯỜNG, MẶT CẮT, VÀ LỐI QUA ĐƯỜNG GIỮA PHỐ

Ở những trung tâm đô thị đông đúc, nhất là ở các nước đang phát triển, chắc chắn sẽ có số lượng lớn người đi bộ qua đường, đứng chờ hay đi bộ trong làn đường xe buýt.

Ngoài ra, vì làn đường xe buýt có mật độ giao thông thấp hơn nên người đi bộ thường cho rằng làn đường này an toàn hơn các làn đường giao thông thông thường và có thể đi bộ hay đứng chờ ở đó để quan sát xe cộ khi băng qua lối qua đường.

Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đề nghị thực hiện một nghiên cứu về khả năng tiếp cận đối với tuyến xe buýt mới, để xác định những địa điểm có nhu cầu cao về lối đi bộ qua đường ở giữa phố. Theo quan sát của chúng tôi trong quá trình kiểm tra an toàn đường bộ, những địa điểm ở gần các khu chợ chính thường có mật độ người đi bộ cao và nhu cầu đi qua đường lối đi bộ qua đường ở giữa phố rất cao. Những cách sử dụng đất khác cần xem xét là cơ sở giáo dục (nhất là những trường lớn), tòa nhà tôn giáo, và cơ sở tổ chức sự kiện. Điều quan trọng là cần phải bảo đảm rằng những địa điểm này có các cơ sở hạ tầng qua đường đầy đủ cho người đi bộ, và

nếu không có lối qua đường, thì phải có lan can hay thanh chắn khác để phòng trường hợp đi ẩu.

Ở những trang tiếp theo, chúng tôi sẽ trình bày một số khái niệm thiết kế phân đoạn đường để giải quyết những vấn đề chính về an toàn mà chúng ta đã thảo luận. Loại đường phố được chọn, chiều rộng của đường và loại hệ thống xe buýt là dựa vào cấu trúc tổng thể của đường phố trong các tuyến xe buýt có trong hệ thống dữ liệu của chúng tôi.



Hình 8 Người đi bộ băng qua tuyến đường BRTS Delhi tại giữa phố

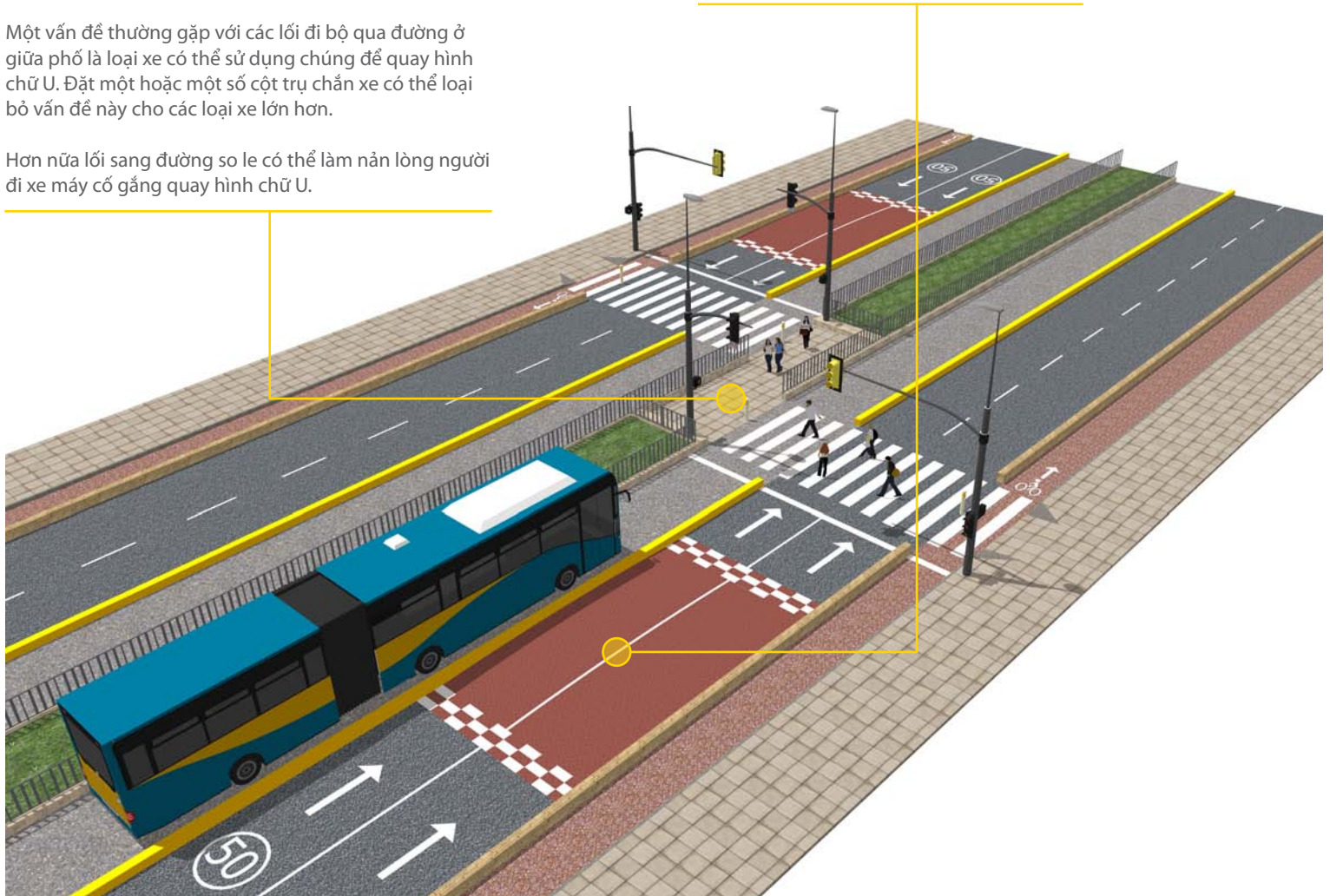
Tất cả các lối sang đường cho người đi bộ trên hệ thống xe buýt nằm trên các đường trục đô thị cần có đèn hiệu.

Chúng tôi khuyến nghị sử dụng các lối đi bộ qua đường ở giữa phố so le. Nếu bố trí như trong hình ảnh này, người đi bộ ở dải phân cách trung tâm sẽ luôn phải đối mặt với hướng giao thông ở phần đường họ đang sắp vượt qua. Một lối qua đường so le cũng làm tăng diện tích dành cho người đi bộ chờ nếu họ không thể vượt qua các đường phố trong một pha tín hiệu.

Một vấn đề thường gặp với các lối đi bộ qua đường ở giữa phố là loại xe có thể sử dụng chúng để quay hình chữ U. Đặt một hoặc một số cột trụ chắn xe có thể loại bỏ vấn đề này cho các loại xe lớn hơn.

Hơn nữa lối sang đường so le có thể làm nản lòng người đi xe máy cố gắng quay hình chữ U.

Phương tiện đi lại có thể không luôn dừng lại trước đèn đỏ tại một lối sang đường cho người đi bộ ở lối đi bộ qua đường ở giữa phố. Chúng tôi khuyến nghị giảm thiểu nguy cơ này bằng cách đặt gờ giảm tốc hoặc các thiết bị điều hòa giao thông khác trước lối qua đường, để ít nhất đảm bảo rằng xe di chuyển với một tốc độ thấp hơn. Đối với các làn đường xe buýt, điều này có thể được giải quyết thông qua đào tạo lái xe và thực hành.



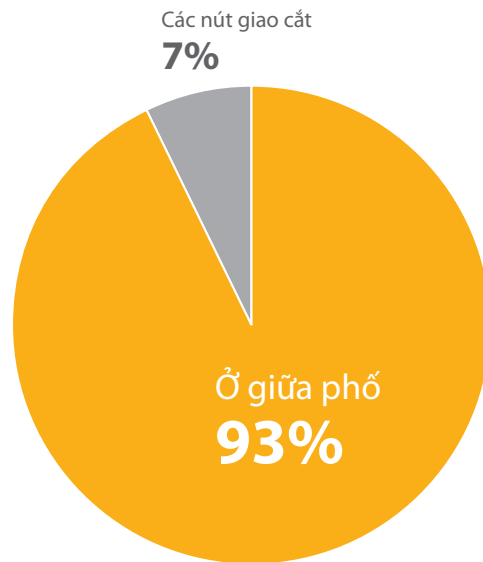
Hình 9 Lối đi bộ qua đường ở giữa phố trên trục đô thị chính

3.1 Lối đi bộ qua đường ở giữa phố trên trục giao thông chính của đô thị

93% các vụ va chạm với người đi bộ ở Porto Alegre xảy ra ở giữa đường (Hình 11). Lối đi bộ qua đường ở giữa phố trên các trục đường chính của đô thị luôn luôn phải có đèn hiệu giao thông. Đây là đặc tính an toàn quan trọng nhất cho người đi bộ, bởi vì các lối đi qua đường này thường được đặt ở những khu vực tuyến đường ở giữa phố dài hơn, là nơi vận tốc lưu thông có thể nhanh. Tốt nhất khoảng thời gian đèn xanh phải đủ để người đi bộ có thể đi qua hết con đường trong một lần đèn xanh. Chúng tôi khuyến nghị xem xét tốc độ đi bộ là 1,2 mét/giây (m/giây) cho hầu hết các trường hợp, và 1 m/giây ở những khu vực có hơn 20% người đi bộ là người cao tuổi để xác định khoảng thời gian đèn xanh cho người đi bộ (TRB 2010).

Chúng tôi cũng khuyến nghị sử dụng dải phân cách trung tâm và chỗ tạm nghỉ chân cho người đi bộ ở giữa điểm giao cắt. Chỗ tạm nghỉ chân có thể rút ngắn khoảng cách người đi bộ phải đi qua đường trong một lần đến 10 mét trên đường giao thông chính của đô thị, và có thể giúp giảm đến 35% số vụ va chạm gây thương vong ở địa điểm đó (Bảng 4).

Thiết kế Lối đi bộ qua đường ở giữa phố nên tính đến mức độ tuân hành đèn hiệu giao thông của những người lái xe. Điều này có sự khác biệt lớn giữa các quốc gia, thậm chí giữa các thành phố trong cùng một nước. Ở nhiều thành phố đang phát triển, người lái xe rất ít khi dừng lại ở chỗ



Hình 11 Các va chạm tại địa điểm Porto Alegre: Được tính toán từ một cơ sở dữ liệu va chạm do Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) cung cấp, Porto Alegre, 2011-25

đèn đỏ nếu chỉ thấy có giao nhau với đường của người đi bộ. Trong những trường hợp này, nên sử dụng thêm gờ giảm tốc ở lối vào Lối đi bộ qua đường ở giữa phố đường để cải thiện an toàn cho người đi bộ. Theo quan sát của chúng tôi trong quá trình kiểm tra an toàn đường bộ, người lái xe có khuynh hướng nhường đường cho người đi bộ ở chỗ có vạch qua đường khi họ chạy chậm.



Hình 10 Người đi bộ đi ẩu qua làn đường xe buýt trên TransMilenio BRT tại Bogotá

Đường phố hẹp ở khu vực trung tâm thường có số lượng người đi bộ cao hơn. Trong những trường hợp này, điều quan trọng là phải giảm tốc độ xe buýt để lái xe có nhiều thời gian phản ứng với các xung đột với người đi bộ, và để đảm bảo rằng xe buýt có thể dừng lại ở một khoảng cách ngắn hơn.

Bố trí đường phố này chỉ có một làn giao thông hỗn hợp mỗi hướng, và một không gian đệm giữa nó và vỉa hè. Không gian đệm có thể được sử dụng như một làn đỗ xe, khu vực cây xanh, đường xe đạp, hoặc để đặt gờ giảm tốc gần nút giao cho người đi bộ đi qua đường.

Các cột kéo ngăn xe đỗ trái phép trên vỉa hè. Chúng tôi khuyến nghị đặt ít nhất một cột ở giữa các điểm tập trung người đi bộ, để ngăn chặn xe ô tô cố gắng quay đầu tại điểm giao cắt.

Bất cứ khi nào cột kéo được đặt trên lối qua hoặc điểm tập trung, phải đảm bảo rằng chúng được đặt cách nhau một cách chính xác để cho phép xe đẩy và xe lăn đi qua giữa chúng.

Đề nghị khoảng cách tối thiểu giữa các cột kéo: 1,2 mét.



Biển báo này cần chỉ ra sự hiện diện của lối đi hình chữ chi cho các lái xe.

Hình 12 Lối qua đường ở giữa phố trên một con phố hẹp

2.3.2 Chỗ qua đường ở giữa đường trên đường hẹp

Trên đường phố chỉ có một làn xe hỗn hợp theo mỗi hướng, có thể sử dụng một loại thiết bị giảm tốc khác - đường hình chữ chi (Hình 12). Loại bố cục này có ưu điểm là phân chia khoảng cách qua đường còn tốt hơn cả chỗ tạm nghỉ chân ở dải phân cách.

3.3 Cầu vượt bộ hành

Cầu vượt bộ hành cần phải kèm theo lan can dọc hai bên lề đường. Người đi bộ thường tìm cách nhảy qua lan can, hay đi vòng qua lan can, ngay cả khi phải đi đường vòng, để khỏi phải leo lên cầu. Lan can cần phải bố trí dọc theo toàn bộ chiều dài của phần tuyến BRT nơi không được đi bộ qua đường. Cầu vượt bộ hành phải có cơ sở hạ tầng phù hợp để phục vụ cho người ngồi xe lăn. Cầu này thông thường là một đường dốc có độ dốc không quá 10%, tốt nhất là khoảng 5%, và có những chiều nghiêng (Rickert năm 2007). Vì cầu phải đủ cao để các loại phương tiện cỡ lớn có thể đi qua, nên đường dốc có thể tương đối dài. Cũng có thể sử dụng thang máy để lên cầu.

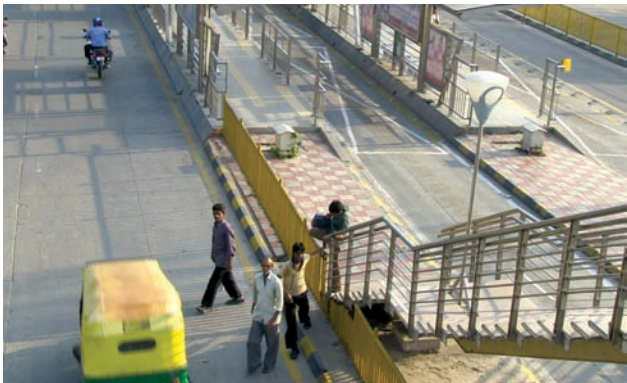
Chúng tôi đã sử dụng các mô hình tần suất tai nạn để kiểm tra tác động của cầu trên các trục giao thông chính và đường cao tốc. Theo phân tích dữ liệu của chúng tôi, cầu vượt bộ hành không phải là biện pháp bảo đảm an toàn hiệu quả trên các trục giao thông chính ở đô thị, nhưng lại rất hiệu quả khi sử dụng trên đường cao tốc (Bảng 6).

Theo quan sát của chúng tôi trong quá trình kiểm tra thực tế, lý do mà những cầu này không được sử dụng trên các trục giao thông chính ở đô thị (và cả đường phố chật hẹp) là người đi bộ thấy thuận tiện khi đi qua đường dưới gầm cầu hơn là đi trên cầu. Những cầu này chỉ được sử dụng trên các trục đường cao tốc, trong trường hợp không thể làm chỗ qua đường. Ví dụ điển hình về việc sử dụng cầu đi bộ trên BRT ở trục đường cao tốc là tuyến BRT Autopista Norte trên TransMilenio, ở Bogotá.

Nếu đường phố hẹp, người đi bộ có thể leo qua lan can hay đi qua đường dưới gầm cầu. cầu vượt bộ hành phải luôn luôn có lan can để ngăn người đi bộ qua đường ẩu. Lan can phải đủ cao để không leo qua được. Phải thường xuyên kiểm tra lan can và thay nếu bị hỏng.



Hình 13 Cầu vượt bộ hành với chiều nghiêng tại León, Mexico

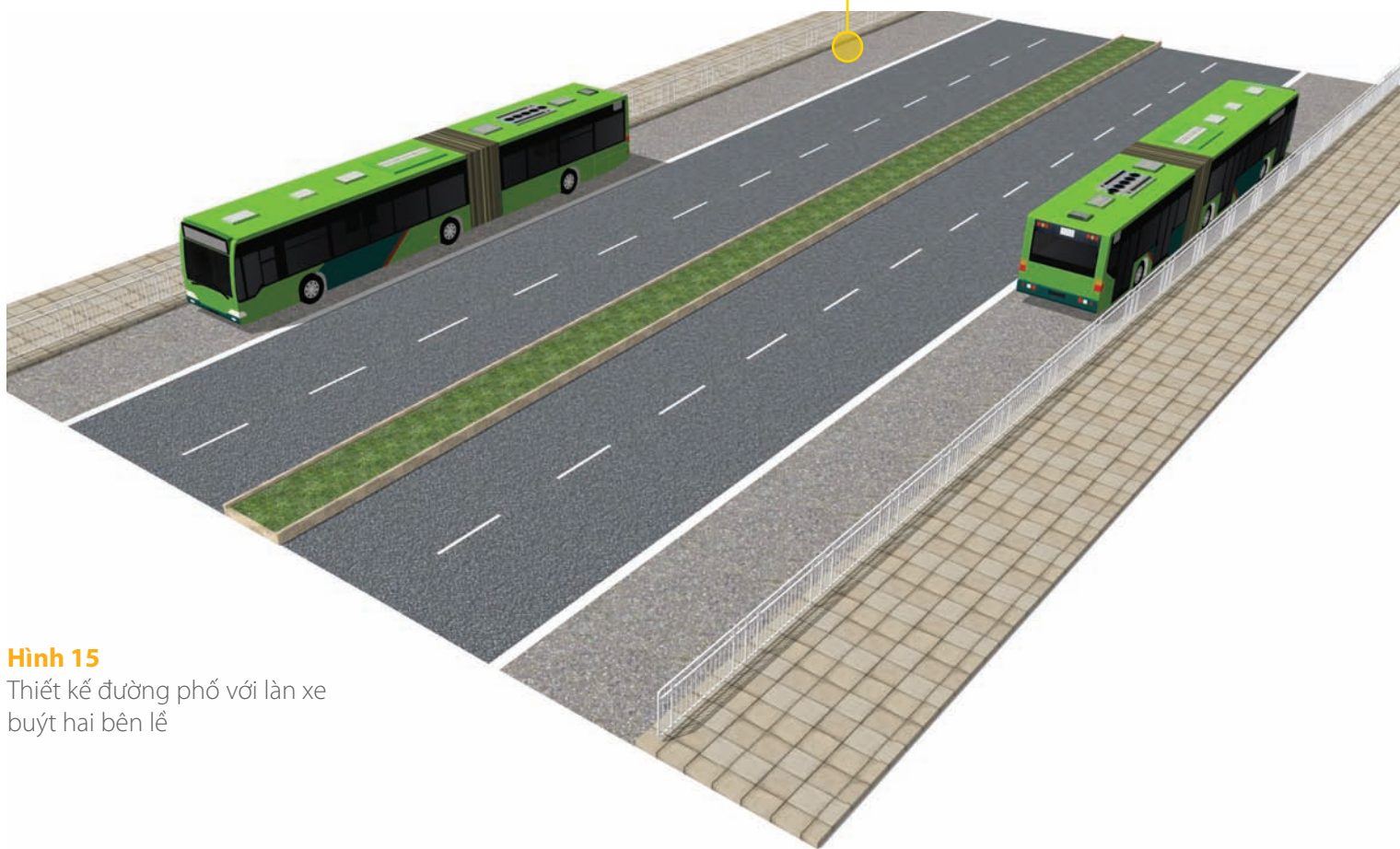


Hình 14 Người đi bộ nhảy qua lan can và đi ẩu qua một đường xe buýt busway ở Delhi, bên cạnh một cầu đi bộ

Bảng 6 Tác động an toàn của cầu cho người đi bộ

Người đi bộ qua cầu	Thay đổi về các vụ va chạm với người đi bộ	Khoảng Tin cậy 95%
Đường cao tốc	-84%	(-94%, -55%)
Đường trục chính	Không đáng kể về mặt thống kê	

Lề đường cho làn đường xe buýt thường được sử dụng trên các đường phố hẹp, nơi không có đủ không gian để thêm cơ sở hạ tầng xe buýt ở trung tâm mà không làm giảm đáng kể số lượng không gian đường phố có sẵn cho giao thông hỗn hợp. Bất kể chiều rộng đường, chúng tôi khuyến nghị đặt một dải phân cách giữa hai chiều giao thông.



Hình 15

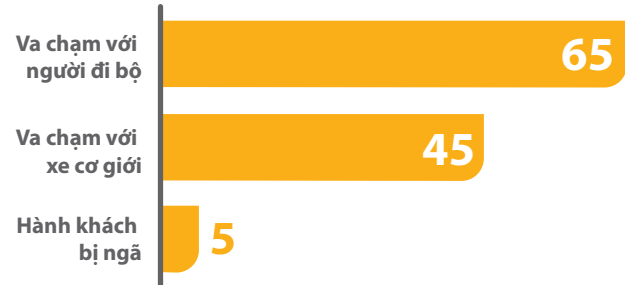
Thiết kế đường phố với làn xe buýt hai bên lề

3.4 Thiết kế đường phố cho các làn đường sát lề

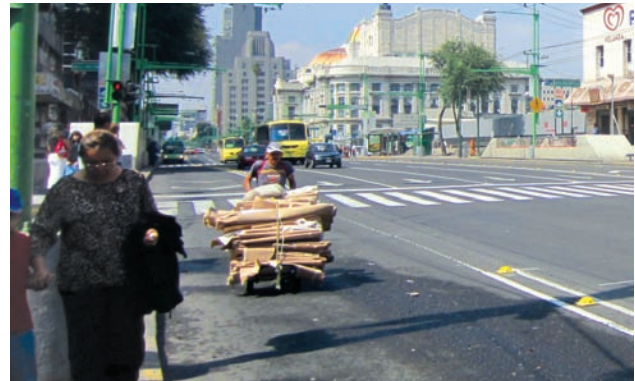
Ở những khu vực có mật độ người đi bộ cao, việc người đi bộ, đứng chờ, hay chở hàng hóa trong làn đường xe buýt không phải là hiếm. Trong một số trường hợp, điều này có thể có nguyên nhân là do vỉa hè quá đông người. Xét về khía cạnh đó, đây là vấn đề về khả năng tiếp cận. Thí dụ, những người đẩy xe hàng thường thích sử dụng các làn đường xe buýt ở sát lề đường hơn là đi lên đường dốc để lên vỉa hè. Cũng có thể họ cho rằng các làn đường xe buýt tương đối an toàn hơn để đi bộ, vì có ít xe hơn những làn đường giao thông thông thường. Để giải quyết vấn đề này, chúng tôi đề nghị bảo đảm rằng vỉa hè dọc theo tuyến BRT phải ở trong điều kiện tốt, không có chỗ gập ghềnh, đường dốc đứng, hay những vật cản tại các đường dốc, và kích thước vỉa hè phải phù hợp với số lượng người đi bộ trên đó.



Hình 16 Người đi bộ đi bộ ở làn đường xe buýt trên lề đường Eje 1 Oriente, Mexico City



Hình 17 Va chạm liên quan đến xe buýt, theo loại, trên tuyến đường xe buýt lề đường Eje Trung ương, Thành phố Mexico (2006-2010)



Hình 18 Người đẩy xe hàng hàng hóa trên một làn đường xe buýt trên lề đường trung tâm Eje, Thành phố Mexico



Hình 19 TransOeste BRT ở Rio de Janeiro

NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG

TRANSOESTE BRT, RIO DE JANEIRO

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA CÁC BIỆN PHÁP CẢI THIỆN AN TOÀN ĐỐI VỚI HIỆU QUẢ HOẠT ĐỘNG

Những đề xuất an toàn đã thảo luận đến nay bao gồm hạn chế vận tốc và bổ sung thêm chỗ qua đường có đèn hiệu giao thông. Những biện pháp này có thể có tác động không tốt đối với hiệu quả hoạt động của hệ thống xe buýt. Để giải quyết sự cân bằng giữa vấn đề an toàn và hiệu quả hoạt động, cần dự tính chính xác những ảnh hưởng của các biện pháp bảo đảm an toàn khi vận hành. Chúng tôi đề xuất ở đây một phương pháp nhằm bảo đảm sự cân bằng đó, và chúng tôi cũng trình bày những kết quả của việc áp dụng phương pháp này trên hệ thống TransOeste BRT ở Rio de Janeiro.

KHÁI QUÁT VỀ TRANSOESTE BRT

Tuyến đường BRT TransOeste ở Rio de Janeiro bắt đầu hoạt động vào tháng 6, 2012, tuyến đầu tiên của mạng BRT được quy hoạch có chiều dài hơn 150 km, gồm TransCarioca, TransOlimpica, và TransBrasil, thuộc các dự án đầu tư cơ sở hạ tầng cho Cúp Bóng đá Thế giới năm 2014 và Thế vận hội Mùa hè năm 2016. TransOeste nối với Barra

da Tijuca - một khu vực lân cận ở phía Nam Rio và khu Làng Thế vận hội trong năm 2016 - đến Santa Cruz - ngoại ô phía tây cách Barra khoảng 40 km. Không giống như hầu hết những ví dụ khác được trình bày trong báo cáo này, giai đoạn 1 của TransOeste vận hành ít như hệ thống vận tải hành khách đô thị mà chủ yếu như dịch vụ đưa đón người đi làm. Nhu cầu đi lại rất cao tập trung vào giờ cao điểm, và hầu hết hành khách sử dụng hệ thống này để phục vụ nhu cầu đi làm và từ sở làm trở về nhà ở Barra da Tijuca. Mặc dù hai đầu tuyến BRT này là những trung tâm đô thị tương đối sầm uất, hầu hết đoạn giữa của TransOeste hiện là vùng đồng cỏ.

BRT vận hành ở trung tâm Avenida das Américas - tuyến BRT điển hình ở Rio de Janeiro, có giới hạn vận tốc cao từ 70 đến 80 km/giờ và lộ giới rộng từ 60 đến 90 mét, tùy vào từng địa điểm. Có ít đèn hiệu giao thông dọc theo tuyến đường này, khoảng cách trung bình giữa các đèn hiệu là hơn 600 mét. Giới hạn vận tốc cao và khoảng cách tương đối xa giữa các đèn hiệu giao thông cho phép TransOeste hoạt động ở vận tốc thương mại cao hơn vận tốc trung bình của BRT trên trục đường chính. Dịch vụ địa phương dừng lại ở tất

cả các bến dừng có vận tốc độ 28 km/giờ, trong khi dịch vụ cao tốc, vượt qua hầu hết các bến bằng những làn vượt xe, có tốc độ 35 km/giờ.

PHƯƠNG PHÁP

Các giải pháp đảm bảo an toàn cụ thể theo từng khu vực và kết quả đánh giá chi tiết về điều kiện của mỗi tuyến đường được chọn. Vì mục đích nghiên cứu tình huống ở đây, chúng tôi sẽ tập trung vào một số đề xuất chung cũng có thể áp dụng cho Rio de Janeiro cho các vấn đề có liên quan đến mạng lưới đường phố đã được trình bày ở phần trước.

- Giảm giới hạn tốc độ cho mọi loại phương tiện giao thông ở Avenida das Américas (bao gồm cả BRT) xuống còn 60 km/giờ.
- Giảm giới hạn tốc độ đối với các Xe buýt nhanh chạy qua các bến trong các làn vượt xe xuống còn 30 km/giờ, để hạn chế các vụ va chạm với người đi bộ, là những người đi dạo hay đi từ các bến ra, và giúp lái xe có nhiều thời gian hơn để phản ứng kịp thời với các va chạm tiềm ẩn giữa xe buýt địa phương và xe buýt nhanh.
- Bố trí thêm các lối đi bộ qua đường ở giữa phố nhằm giảm khoảng cách trung bình giữa các dải đi bộ.
- Điều chỉnh lại các tín hiệu giao thông để hạn chế việc mất thời gian của người đi bộ

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC GIẢI PHÁP ĐỐI PHÓ ĐẾN TẦN SUẤT VA CHẠM

Chúng tôi đã kiểm tra tác động của các giải pháp thiết kế được nói ở trên đến quá trình vận hành BRT bằng việc tập trung vào ba chỉ số chính:

- **Tốc độ trung bình, theo loại dịch vụ:** Đây chính là tốc độ vận hành trung bình của loại xe buýt cụ thể theo từng loại hình dịch vụ (như xe buýt địa phương hay Xe buýt nhanh) trong toàn độ quá trình mô phỏng; đây được xem là chỉ số vận hành chính cho các hệ thống BRT, và thường sử dụng mốc chuẩn là 25km/giờ làm ngưỡng vận hành chất lượng cao (Wright và Hook 2007).

- **Thời gian di chuyển trên xe buýt:** Đây được xem là tổng thời gian giữa thời gian xuất hành ở một đầu bến và thời gian tới đầu bến kia của chặng hành trình; trong quá trình mô phỏng, hàm tốc độ vận hành được tính theo công thức sau: Thời gian chạy [phút]=Chiều dài tuyến đường [km]/(Tốc độ vận hành [km/giờ]/60).

- **Phương sai tốc độ vận hành:** Đây là chỉ số về độ tin cậy của dịch vụ mà BRT cung cấp, và chúng tôi sẽ đưa ra thứ tự ưu tiên các giải pháp nhằm giảm thiểu phương sai này. Được tính dựa trên độ lệch tiêu chuẩn về tốc độ vận hành theo loại dịch vụ được đề cập trong mô hình. Chúng tôi không chỉ báo cáo phương sai mà còn báo cáo hệ số thay đổi tốc độ, được định nghĩa là tỉ lệ độ lệch tiêu chuẩn của phương tiện. Hệ số thay đổi tốc độ là phương pháp tính hiệu quả hơn khi so sánh các trường hợp ví dụ (Moreno González, Romana, và Alvaro 2013).

Chúng tôi đã lập mô hình sử dụng bộ mô phỏng BRT của EMBARQ - một công cụ mô phỏng vĩ mô dành riêng cho các loại xe buýt công suất cao. Phần mềm này có thể lập mô hình chi tiết về các tuyến BRT, gồm có các sơ đồ bến cuối, các khu vực bến cuối, các điểm giao cắt có đèn tín hiệu, và các bố trí bến phức tạp với rất nhiều điểm dừng phụ và tổ hợp các dịch vụ địa phương và Xe buýt nhanh.⁴ Chúng tôi bắt đầu bằng việc đưa ra một kịch bản cơ sở, nhằm mô phỏng các điều kiện thực tế trên tuyến BRT tại thời điểm nghiên cứu, và một loạt các kịch bản “dự án”, trong đó có đưa ra các tổ hợp giải pháp đảm bảo an toàn khác nhau. Các điều kiện vận hành chúng tôi phát hiện trên tuyến BRT năm 2012 có rất nhiều thay đổi so với thời điểm hoàn thành hệ thống BRT trong năm 2016. Cụ thể, các điểm kết nối với các tuyến BRT TransOlimpica và TransCarioca tương lai nhiều khả năng làm tăng nhu cầu ở TransOeste. Do đó, cần so sánh các kịch bản của dự án theo thời gian không chỉ đối với các điều kiện vận hành của năm 2012 mà còn cả năm 2016, khi nhu cầu của hành khách và tần suất các tuyến xe buýt có xu hướng tăng cao trên tuyến BRT. Chúng tôi chỉ trình bày các kết quả mô phỏng trong năm 2016. Có thể tham khảo nghiên cứu của Duduta và cộng sự để biết thêm về phương pháp lập mô hình cũng như thông số và hiệu chỉnh mô hình đối với trường hợp nghiên cứu tình huống này. 2013.

CÁC KẾT QUẢ MÔ PHỎNG CHO CÁC KỊCH BẢN NĂM 2016.

Chúng tôi đã kiểm tra ba kịch bản dự án khác nhau. Kịch bản "60km/giờ", thay đổi duy nhất được thực hiện là giảm các giới hạn tốc độ chung xuống còn 60 km/giờ đối với mọi loại phương tiện ở Avenida das Américas. Kịch bản "60/30", tốc độ giới hạn đối với tất cả các xe buýt vào các bến xe giảm xuống còn 30 km/giờ (bao gồm cả các loại xe buýt không dừng ở các bến xe này). Cuối cùng, kịch bản "đầy đủ" gồm việc bổ sung thêm các lối đi bộ qua đường ở giữa phố cũng như việc giảm tốc độ.

Các cột từ trái qua phải trong Bảng 7 trình bày tác động của việc bổ sung giải pháp an toàn đối đến các chỉ số vận

hành khác nhau. Giảm giới hạn tốc độ dẫn đến tốc độ trung bình cao hơn một chút đối với các xe buýt và số lần di chuyển của các hành khách cao hơn. Ngoài ra, còn làm giảm sự thay đổi tốc độ, điều này có nghĩa là dịch vụ đáng tin cậy hơn và tần suất xe buýt hoạt động đều hơn trên toàn tuyến. Các đèn hiệu giao thông có ảnh hưởng tiêu cực đến tốc độ trung bình, được bù lại nhờ đặc tính khác của kịch bản "đầy đủ": Tăng nhẹ về giới hạn tốc độ lên 70 km/giờ ở khu vực cánh đồng thuộc tuyến BRT (nghĩa là khu vực không có sự phát triển dọc theo tuyến đó).

Nhìn chung, các kết quả mô phỏng cho thấy rằng trong khi các đề xuất an toàn có ảnh hưởng tiêu cực đến một số tham số vận hành (tốc độ trung bình và số lần di chuyển), nhưng những tác động này tương đối nhỏ. TransOeste vẫn cho thấy khả năng vận hành đạt chất lượng cao ngay cả khi áp dụng các giải pháp an toàn được trình bày ở đây. Cần lưu ý rằng các tốc độ vận hành đều bằng hoặc cao hơn tốc độ chuẩn 25km/h ở tất cả các kịch bản.

Bảng 7 Kết quả mô phỏng cho các kịch bản năm 2016

Chỉ số	Loại dịch vụ	Mức cơ bản	60 km/giờ	60/30 km/giờ	Hoàn thành	Chênh lệch
Tốc độ trung bình (km/giờ)	Cao tốc	32	31,5	29,6	29,6	2,4
	Địa phương	25,6	25,6	25,45	25,43	0,17
Thời gian di chuyển (phút)	Cao tốc	71	72	77	77	6
	Địa phương	89	89	89	89	0
Phương sai tốc độ (km/giờ)	Cao tốc	37	31,3	22,33	15,57	21,43
	Địa phương	16	14,94	14,85	15,57	0,43
Hệ số tốc độ biến thiên	Cao tốc	0,19	0,18	0,16	0,16	0,03
	Địa phương	0,16	0,15	0,15	0,16	0



Tuyến BRT ở Curitiba, Brazil

CHƯƠNG 5

CÁC ĐỀ XUẤT VỀ NÚT GIAO CẮT

5.1 CÁC VẤN ĐỀ CHÍNH VỀ AN TOÀN

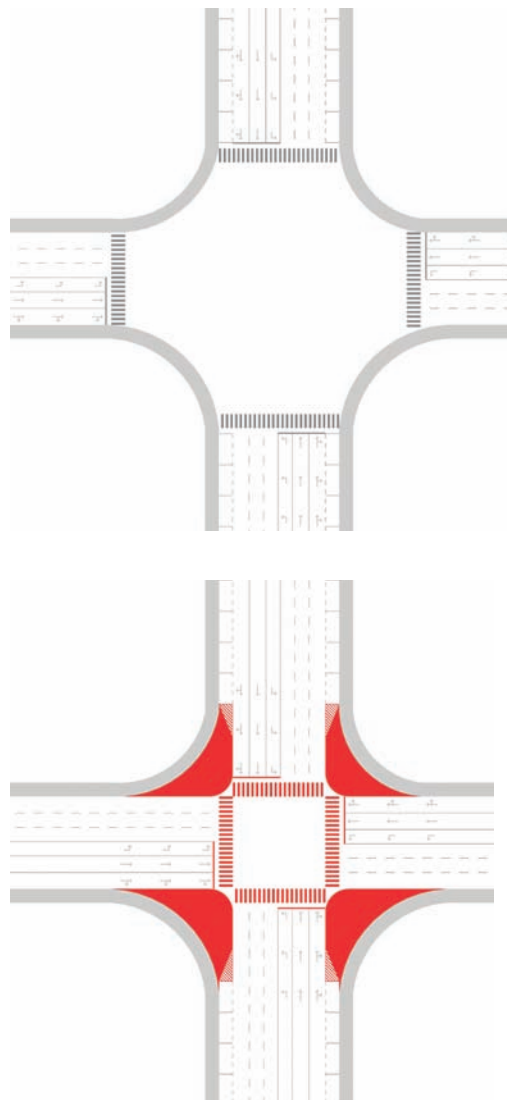
Mấu chốt để cải thiện sự an toàn ở các điểm giao cắt chính là thiết kế các ngã tư đơn giản và phù hợp. Kích cỡ và độ phức tạp của các điểm giao cắt còn liên quan chặt chẽ đến tần suất va chạm cao trên khắp các tuyến xe buýt được nói đến trong cơ sở dữ liệu của chúng tôi.

Kích cỡ của các điểm giao cắt

Khu vực điểm giao cắt bị chi phối bởi bán kính rẽ phải và chiều rộng của từng đường dẫn vào. Các mô hình tần suất tai nạn chỉ ra rằng mỗi làn đường bổ sung vào các điểm giao cắt có thể làm gia tăng mức độ nghiêm trọng của các vụ va chạm lên tới 17% (Bảng 8).

Để làm hẹp các điểm giao cắt, chúng tôi đề xuất thu hẹp bán kính rẽ phải, có chiều rộng tối thiểu cần cho rẽ phải. Ngoài ra, chúng tôi đề xuất sử dụng các phần mở rộng lề đường lên phía trước tuyến các làn đỗ xe và duy trì tổng số làn trên tuyến xe buýt ở mức thấp.

Hình 20 Sơ đồ minh họa cách sử dụng bán kính rẽ hẹp hơn và phần nở lề đường (màu đỏ) để làm giảm diện tích của một nút giao cắt



Bảng 8 Tác động an toàn của đường phố và các yếu tố thiết kế điểm giao cắt

		% thay đổi về va chạm	Khoảng Tin cậy 95%
Mỗi lối vào bổ sung	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+78%	(+56%, +103%)
	Đụng xe	+65%	(+46%, +87%)
Mỗi làn đường Bổ sung	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+17%	(+12%, +21%)
	Đụng xe	+14%	(+10%, + 18%)
Chiều dài lối qua đường	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+2%	(+0,04%, + 4%)
(mỗi mét thêm)	Va chạm với Người đi bộ	+6%	(+2%, +9%)
Cho phép rẽ trái	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+28%	(+14%, +48%)
	Đụng xe	-35%	(+11%, +75%)

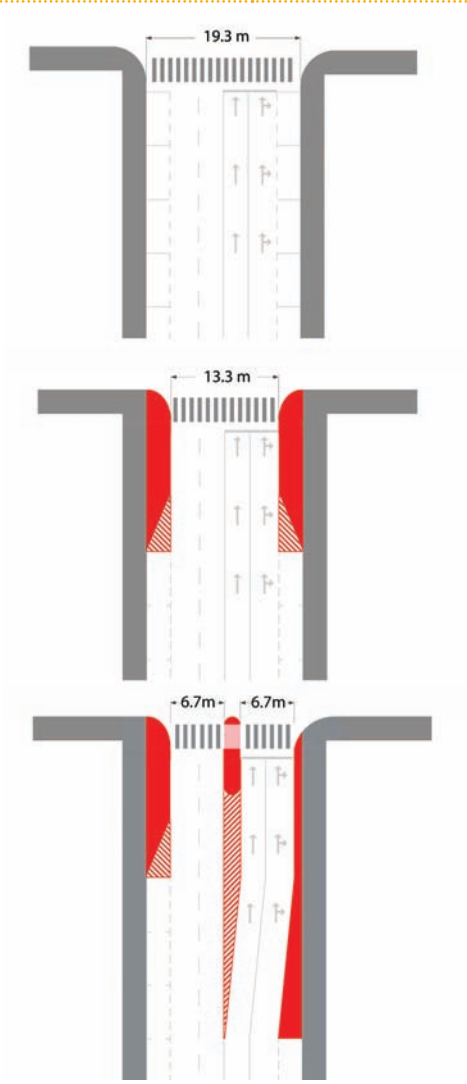
Rẽ trái

Chúng tôi quan sát thấy các điểm giao cắt nghiêm cấm rẽ trái đã an toàn hơn các khu vực được phép rẽ trái (Bảng 8). Rẽ trái nhìn chung được xem là có mức độ rủi ro về an toàn đường bộ đối với loại cấu trúc đường phố, chúng đặc biệt nguy hiểm đối với các tuyến xe buýt làn đường trung tâm. Loại va chạm thường xuyên xảy ra liên quan đến các xe buýt ở tuyến BRT làn đường trung tâm, đó là các phương tiện rẽ trái sai quy định từ làn đường của mình sang làn xe buýt và va chạm với phương tiện vận tải hành khách đang đi lên từ phía sau.

Trên hầu hết các tuyến xe buýt làn trung tâm, đều cấm rẽ trái và được thay bằng các đường vòng ở hầu hết các điểm giao cắt. Điều này đòi hỏi phải thiết kế các đường vòng hết sức cẩn thận để tránh chuyển rủi ro từ tuyến đường xe buýt sang đường phố lân cận. Ngoài ra, cần sử dụng các biển báo để chỉ rõ việc cấm rẽ trái và đường vòng thay thế. Rẽ trái có thể được phép ở các khu vực quy định dành riêng cho rẽ trái.

các lối qua đường dành cho khách bộ hành

Theo các kết quả mô hình cứ một mét lối đi qua đường được tăng thêm, sẽ tăng thêm 6% số vụ va chạm với người đi bộ (Bảng 8). Chúng tôi trình bày hai giải pháp thiết kế để rút ngắn khoảng cách lối đi qua đường ở các điểm giao cắt, mà không cần sử dụng các làn giao thông. Ví dụ, chúng tôi bắt đầu với đường phố bốn làn xe trong đó có một làn đổ ở mỗi chiều. Khoảng cách của lối đi qua đường là 19,3 mét.



Hình 21 Khoảng sáng và các đảo dừng chân

Bằng cách mở rộng lề đường, chúng ta có thể mở rộng vỉa hè phía trước 2 làn đỗ xe tại đầu vào các nút giao. Điều này làm giảm khoảng cách qua đường đi 6m, tức là lối qua đường chỉ còn lại 13,3m. Việc này cũng sẽ cải thiện tầm nhìn của cả lái xe và người đi bộ. Nếu hàng xe đỗ tràn kéo dài đến tận lối đi qua đường, người đi bộ có thể đột ngột xuất hiện từ phía sau các xe đang đỗ. Điều này làm gia tăng các vụ va chạm với người đi bộ. Nếu chỗ đỗ tại đầu các nút giao được bỏ đi (trong thực tiễn thường gọi là "khoảng sáng"), người lái xe và người đi bộ có thể nhìn thấy nhau dễ hơn, từ đó giúp tránh các va chạm.

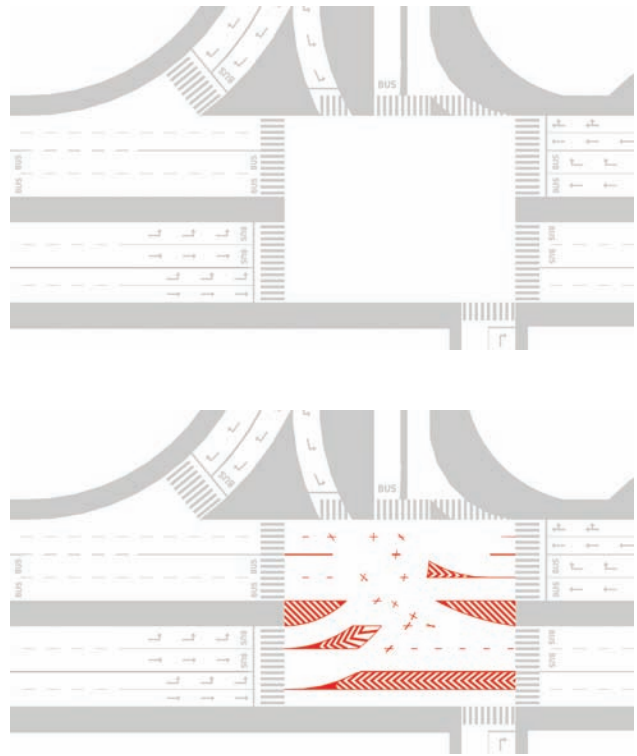
Một giải pháp khác là bỏ làn đỗ xe ở đầu ngã vào các nút giao, chuyển hai trong bốn làn vào sát vỉa hè và dùng phần đường có được từ việc chuyển đổi để tạo ra một đảo dừng chân cho người đi bộ ở giữa lối qua đường. Thậm chí việc thay đổi này còn cải thiện an toàn cho người đi bộ hơn nữa bởi vì người đi bộ chỉ cần đi qua hai làn đường (6,7 mét) tại thời điểm đó. Tùy vào phương pháp thiết kế, việc dịch chuyển làn trên đường dẫn vào điểm giao cắt cũng được sử dụng như giải pháp giảm tốc, để tăng tính an toàn cho người đi bộ.

Không gian đi bộ được bảo vệ

Bất kỳ khu vực chờ của người đi bộ nào - như đảo dừng chân - được đặt ở giữa phố, thì cần phải có các phương pháp bảo vệ cho người đi bộ. Điều này có thể được thực hiện bằng cách lắp các cột trụ chắn xe hoặc đôn cao lề đường lên. Điều này đảm bảo rằng nếu người điều khiển phương tiện mất kiểm soát hay lơ đãng, phương tiện sẽ đâm vào các cột mốc hay bờ đường chứ không phải đâm vào người đi bộ.

Vạch kẻ đường tại các giao lộ

Tại các nút giao lớn hơn, những vạch kẻ đường đặc biệt được khuyến dùng để giúp hướng dẫn việc đi lại - và đặc biệt là rẽ - tại khu vực nút giao. Có hai loại ký hiệu vạch kẻ đường chính cho các giao lộ: ký hiệu kéo dài các làn đường (thường có dạng vạch đứt được dùng cho làn đi qua một nút giao, và dạng dấu cộng dùng tại vị trí hai làn giao nhau) và đảo giao thông mềm (những diện tích mặt đường không có xe qua lại tại nút giao và được đánh dấu bằng cách vạch chéo vẽ lên diện tích đó). Kích thước là hình dạng của các vạch kẻ đường khác nhau tùy từng quốc gia. Chúng tôi khuyến nghị kiểm tra các tiêu chuẩn áp dụng để tìm ra loại ký hiệu phù hợp cho từng địa điểm.



Hình 22 Ví dụ về một nút giao cắt có và không có các ký hiệu đường giao nhau

Trong hướng dẫn này, chúng tôi minh họa vạch kẻ đường tại các giao lộ thường được sử dụng tại Đan Mạch.

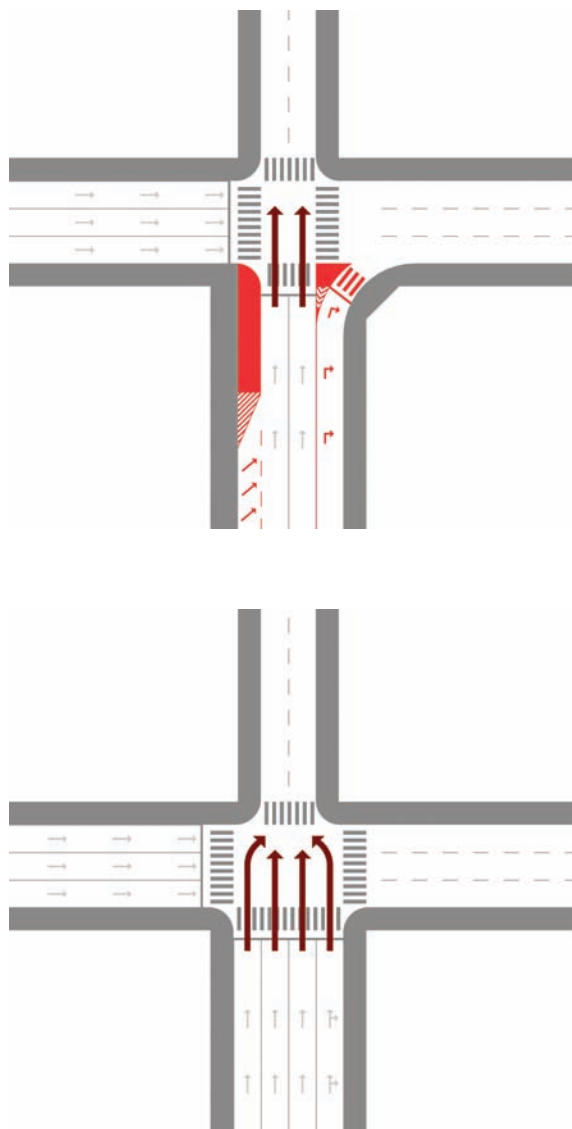
Định tuyến làn đường

Các làn đường chạy qua các điểm giao cắt phải luôn được định tuyến phù hợp ở cả hai bên của điểm giao cắt. Chỉ một sự thay đổi nhỏ về việc định tuyến làn đường có thể gây lúng túng cho những người điều khiển phương tiện, có thể dẫn đến điều khiển phương tiện sai làn đường ở nút giao cắt hay chuyển hướng đột ngột vào đúng làn đều gây nên các vụ va chạm.

Nếu có sự sai lệch một chút, có thể giải quyết bằng các ký hiệu giao lộ để giúp người điều khiển phương tiện đi đúng làn đường. Không được phép có sự sai lệch quá lớn - như việc dẫn các xe ô tô vào các làn ngược chiều. Đối với các đường ngang nhỏ được định tuyến kém, cần loại bỏ các tuyến này và chỉ cho phép rẽ phải.

Cân bằng làn đường

Khi số làn vào một nút giao theo hướng đi thẳng hoặc rẽ nào đó được quy định nhiều hơn số làn đó ra khỏi nút giao (ví như đi thẳng, rẽ trái, v.v..) nó được gọi là mất cân bằng làn. Sự mất cân bằng làn làm các phương tiện phải tập trung vào ít làn hơn và một số người lái xe có thể phản ứng bằng cách chuyển làn đột ngột, gây ra va chạm.



Hình 23 Ví dụ về cách xử lý làn đường mất cân bằng bằng cách bỏ các làn đường trên một đường vào, hoặc tạo ra các biển chỉ cho phép rẽ

Ở một số trường hợp, điều này chỉ được giải quyết bằng cách chỉ định một số làn được phép rẽ. Ví dụ, nếu đường phố có bốn làn vào điểm giao cắt, nhưng chỉ có ba làn đi qua điểm giao cắt và một trong các làn đó ở đường dẫn vào có thể được chỉ định chỉ rẽ trái hay rẽ phải. Cách này sẽ rất hiệu quả trong việc khiến chỉ còn lại ba làn lưu thông, nhằm khôi phục lại sự cân bằng làn đường. Có cách khác đó là lấy đi một làn ở điểm giao cắt trước đó, hoặc lấy đi làn xe đó ở giữa block giao thông có sử dụng cảnh báo trước cho người điều khiển phương tiện.

Các đường vòng

Thường nghiêm cấm rẽ trái ở các tuyến đường xe buýt làn đường trung tâm. Điều này có thể góp phần nâng cao sự an toàn và giảm thiểu tính nghiêm trọng của các vụ va chạm giữa xe buýt và các phương tiện khác. Ngoài ra, điều này cũng góp phần nâng cao công suất trên tuyến đường xe buýt bằng cách loại bỏ pha tín hiệu và cho phép thời gian đèn xanh lâu hơn trong tỉ lệ chu kỳ tín hiệu (g/C) cho các xe buýt.

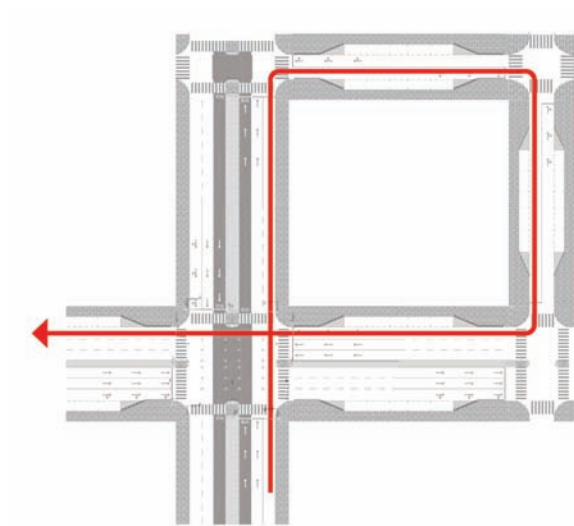
Tùy chọn 1: Sau điểm giao cắt

Đây là giải pháp được ưu tiên liên quan đến khía cạnh an toàn, bởi nó thay rẽ trái bằng ba lần rẽ phải (các lần rẽ phải thường không gây nguy hiểm gì). Tuy nhiên, chỉ được sử dụng khi đáp ứng các điều kiện sau:

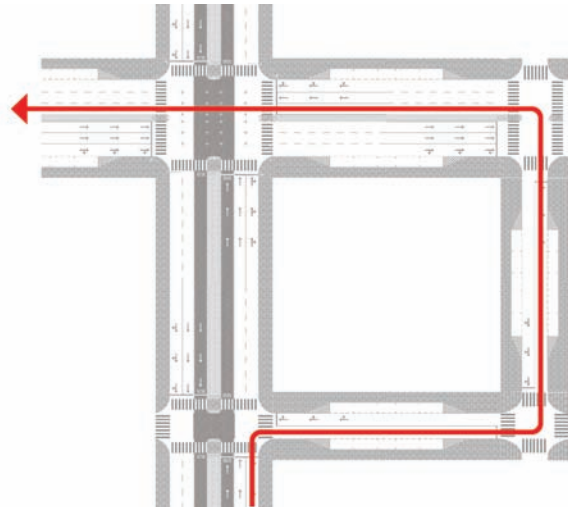
- Các đường phố dọc các đường vòng có khả năng lưu thông thêm các phương tiện giao thông mà không gây mất an toàn hay tắc nghẽn giao thông.
- Đường vòng không quá dài. Nếu các khu phố ở xung quanh các điểm giao cắt dài hơn 150-200 mét, đường vòng có thể quá dài và các lái xe có thể không sử dụng đường này.

Tùy chọn 2: Trước các điểm giao cắt

Tùy chọn này chỉ được sử dụng khi tùy chọn đầu tiên không khả thi. Loại đường vòng này thay một lần rẽ trái bằng một lần rẽ phải và hai lần rẽ trái ở đường phố song song, điều này đơn giản chỉ là việc chuyển rủi ro từ tuyến đường xe buýt sang đường phố khác. Các điều kiện tương tự cũng được áp dụng như tùy chọn 1: các đường phố phải có khả năng lưu thông thêm các phương tiện giao thông và đường vòng không quá dài.



Hình 24 Lựa chọn đường vòng 1: Bắt đầu từ sau nút giao cắt cấm rẽ trái



Hình 25 Lựa chọn đường vòng 2: Bắt đầu từ trước nút giao cắt cấm rẽ trái

Các biển báo đường vòng

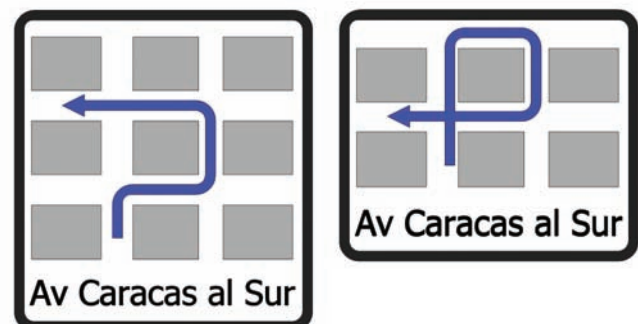
Cho dù các đường vòng bắt đầu trước hay sau các điểm giao cắt, các tín hiệu thông báo phải được đặt ở đường dẫn vào các điểm giao cắt. Thiết kế và sơ đồ biển báo chính xác phải đảm bảo đúng thông số kỹ thuật theo các tiêu chuẩn thiết kế quốc gia hoặc địa phương hiện hành. Ngoài ra, chúng tôi khuyến nghị các nguyên tắc sau đây để thay thế và thiết kế các biển báo đường vòng:

Bố trí

- Các biển báo đường vòng phải luôn được đặt trước điểm giao cắt ở khu vực nghiêm cấm rẽ trái, cho dù đường vòng bắt đầu trước hay sau điểm giao cắt. Đối với tùy chọn 2, biển báo phải được đặt trước điểm giao cắt trước đó để cho phép lái xe có thể rẽ phải vào đường vòng trước điểm giao cắt nghiêm cấm rẽ trái.
- Ở các loại đường lớn (hơn ba làn giao thông hỗn hợp cùng chiều), phải nghiên cứu đặt biển báo đường vòng trên các làn đường thay vì đặt ở lề đường, hay đặt ở hai bên lề đường và ở trong dải phân cách để đảm bảo tầm nhìn tốt.

Thiết kế

- Thiết kế càng đơn giản càng tốt, chỉ cần bao gồm lượng thông tin tối thiểu cần để hiểu được cấu trúc đường vòng.
- Biển báo phải đủ lớn với nội dung rõ ràng, dễ đọc cho người điều khiển phương tiện chạy qua ở giới hạn tốc độ tối đa.
- Không ghi tên phố trên biển báo. Chỉ ghi tên đường ngang mà cấm rẽ, chỉ rõ đường vòng dành cho phố nào.



Hình 26 Thiết kế được khuyến nghị cho hai lựa chọn đường vòng. Lưu ý rằng việc thiết kế bao gồm lượng thông tin tối thiểu cần để nắm bao quát, và chỉ tên đường phố được liệt kê là một trong những đường cắt ngang cấm rẽ trái.

Mở rộng vỉa hè trên các làn đường đậu xe gần điểm giao cắt có thể giúp thu hẹp khu vực ngã ba giao cắt và rút ngắn việc sang đường cho người đi bộ. Điều này là khá dễ dàng thực hiện, không làm giảm khả năng giao thông, và có thể rất hiệu quả trong việc cải thiện an toàn cho người đi bộ.

Nó cũng có thể giúp loại bỏ va chạm giữa các xe cơ động vào và ra khỏi làn đường đỗ xe trên đường ngang và các loại xe rẽ phải từ tuyến đường BRT.

Sử dụng tín hiệu cho người đi bộ ngoài đèn hiệu giao thông trên tất cả các mặt của nút giao cắt. Cũng sử dụng các tín hiệu thứ cấp về phía xa của các nút giao cắt cho từng đường vào.

Giữ bán kính rẽ phải hẹp nhất có thể, để đảm bảo khu vực ngã ba nhỏ hẹp, nhưng vẫn cho phép một bán kính quay đủ cho xe lớn hơn.



Hình 27 Nút giao cắt là ngã tư lớn, không rẽ trái

Hãy chắc chắn rằng các khu vực trung tâm của các nút giao cắt nhận được đầy đủ ánh sáng, để các phương tiện và người đi bộ đi qua nó vào ban đêm có khả năng nhìn rõ.



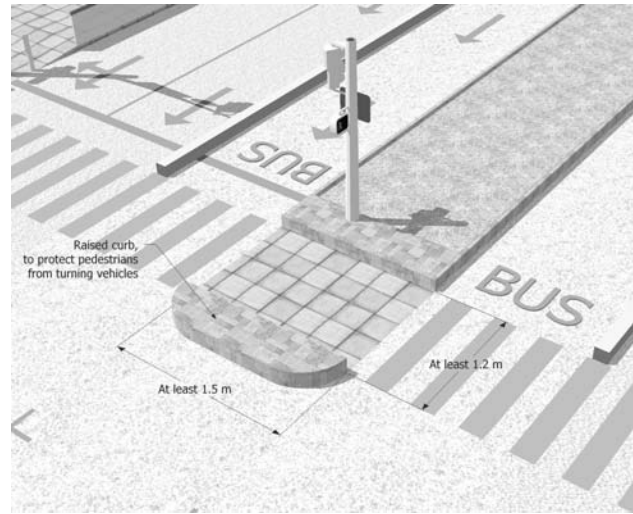
Bố trí những biển báo chỉ nút giao cắt cấm rẽ trái, và đường vòng tương ứng. Kiểm tra các tiêu chuẩn địa phương hoặc quốc gia để tìm thấy những dấu hiệu chính xác. Dấu hiệu quay vòng nên càng đơn giản càng tốt, để lái xe có thể hiểu được khi đi qua nút giao cắt.

5.2 ĐIỂM GIAO CẮT LÀ NGÃ TƯ CHÍNH, KHÔNG RẼ TRÁI

Các điểm giao cắt với các trục giao thông chính của đô thị là các khu vực có số vụ va chạm chiếm tỉ lệ cao nhất trên các tuyến BRT. Đây là các khu vực chính cần chú trọng tới để cải thiện tình trạng an toàn.

Thiết kế ở Hình 27 lồng ghép nhiều yếu tố an toàn được thảo luận ở phần trước: điểm giao cắt đơn giản và hẹp, cấm rẽ trái, lối sang đường ngắn có các đảo trú chân được bảo vệ ở giữa, các lan can và biển báo phải chỉ báo rõ ràng đường vòng thay thế cho khu vực cấm rẽ trái. Các chú thích cung cấp thêm chi tiết về các đặc điểm an toàn cần xem xét.

Lưu ý rằng giải pháp thiết kế này không bao gồm cơ sở hạ tầng cho xe đạp trên tuyến BRT. Trong tình huống này, những người đi xe đạp nên đi trên đường phố song song để tránh trường hợp lưu thông trong các làn đường dành cho xe buýt. Nếu dự kiến lưu lượng người đi xe đạp tăng cao trong tuyến BRT, nên có các đường cho xe đạp.



Hình 28 Chi tiết các đảo trú chân cho người đi bộ. Đảo trú chân cần ở dốc vĩa hè và được bảo vệ bởi một lề đường lớn. Nó sẽ cung cấp đủ không gian cho số lượng người đi bộ dự kiến và tối thiểu nên chứa được một người với một xe đẩy.

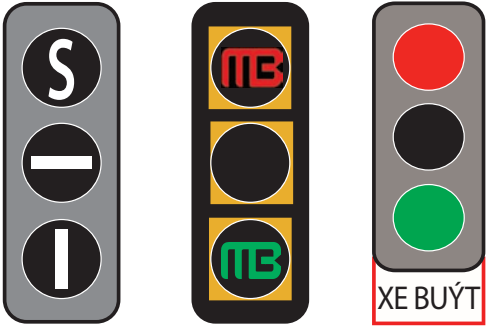
Rẽ trái phải được thực hiện từ làn tiếp giáp với các làn đường xe buýt. Phương tiện đi lại nên có một pha bảo vệ rẽ trái, trong đó tất cả các chuyển động khác cần phải có đèn đỏ.

Tại những đường phố với đường xe buýt ở giữa, việc rẽ trái thường cách xa trục đường hơn hầu hết các loại đường khác. Kết quả là khó có thể bố trí cả hai chiều rẽ trái mà không bị chồng chéo. Một giải pháp phổ biến ở hệ thống TransMilenio tại Bogotá là chỉ cho phép một trong hai chiều rẽ trái qua nút giao (thường là chiều có khối lượng giao thông cao hơn) và thay chiều rẽ trái còn lại bằng một đường vòng.



Hình 29 Nút giao cắt là ngã tư lớn, được rẽ trái

Chúng tôi khuyến nghị nên sử dụng các đèn hiệu giao thông đặc biệt cho xe buýt cho toàn bộ chiều dài của đường xe buýt BRT hoặc đường xe buýt khác. Chúng cần được phân biệt rõ ràng với các tín hiệu thường xuyên. Chúng tôi trình bày ở đây một số tùy chọn cho việc thiết kế tín hiệu xe buýt:



(bên trái: tín hiệu xe buýt theo yêu cầu của Đan Mạch, ở giữa: Tín hiệu Metrobus từ Mexico City; bên phải: tín hiệu tiêu chuẩn với một dấu hiệu "XE BUÝT").

Bảng 9 Tác động an toàn tiềm ẩn của việc loại bỏ một điểm cho phép rẽ trái khỏi nút giao cắt

Tác động trung bình có trọng số của việc loại bỏ rẽ trái	% thay đổi về va chạm	khoảng tin cậy 95%
Va chạm gây chấn thương và tử vong	-22%	(-12%, -32%)
Đụng xe	-26%	(-10%, -43%)

5.3 ĐIỂM GIAO CẮT LÀ NGÃ TƯ CHÍNH, ĐƯỢC Rẽ TRÁI

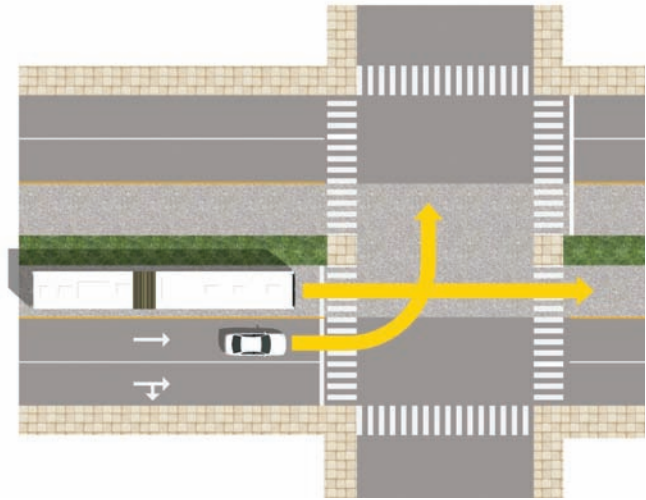
Theo khuyến nghị của chúng tôi, việc cho phép rẽ trái trên tuyến BRT hay đường xe buýt khác chỉ được thực hiện ở các khu vực đáp ứng một trong các tiêu chí sau:

- Dự kiến lưu lượng giao thông rẽ trái là rất lớn và các phương tiện này không thể lưu thông trên các đường phố lân cận, làm các đường vòng sẽ không khả thi.
- Các khu vực có các đường phố quá dài, có nghĩa là đường vòng tránh ngắn nhất nếu có cũng là đường rất dài. Điều này có thể xảy ra tại các khu công nghiệp, ở gần các khu trường học lớn hay ở các thành phố có mạng lưới đường phố thưa thớt.

Nếu được phép rẽ trái, phải có pha tín hiệu bảo vệ và một làn rẽ dành riêng. Chúng tôi không khuyến nghị cho phép các phương tiện đi vào làn xe buýt và có làn được phép rẽ trái/làn xe buýt chung. Theo số liệu từ Bogotá, Thành phố Mexico và Guadalajara thì các phương tiện từ các làn giao thông hỗn hợp đi vào các làn xe buýt thường gây ra gây nên các vụ va chạm với xe buýt.

Cho phép rẽ trái từ tuyến đường xe buýt sẽ làm giảm tổng thời gian đèn xanh có sẵn cho xe buýt do các xe buýt phải dừng theo tín hiệu đèn đỏ tại các đoạn rẽ trái. Ảnh hưởng cụ thể về công suất còn phụ thuộc vào thời gian của đèn tín hiệu của đèn hiệu giao thông trên thực tế và số lần rẽ trái được phép.

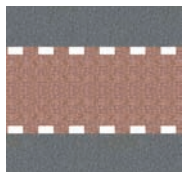
Nếu rẽ trái được phép ở một trong các đường phố, lưu lượng ở các điểm giao cắt này vẫn cao hơn rất nhiều lưu lượng thực của hệ thống vốn bị giới hạn bởi việc bố trí các bến. Tuy nhiên, nếu rẽ trái được phép ở cả hai đường phố



Hình 30 Sơ đồ Va chạm: Phổ biến nhất là loại va chạm liên quan đến các xe buýt trên BRT làn trung tâm hoặc tuyến xe buýt busway: Xe rẽ trái trái luật ở phía trước của xe buýt.

chính và đường ngang có các pha bảo vệ, thì có khả năng điểm giao cắt này sẽ trở thành nút thắt cổ chai trên toàn bộ tuyến BRT.

Rẽ trái là một trong những chủ đề thường xuyên được bàn bạc trong các đề xuất để cải thiện tình trạng an toàn và vận hành. Cấm rẽ trái làm giảm việc chuyển hướng nguy hiểm, Cấm rẽ trái làm vừa làm giảm việc di chuyển nguy hiểm và vừa giảm thiểu số pha đèn tín hiệu cần, từ đó tối đa công suất của tuyến đường xe buýt, tối đa hóa công suất của tuyến đường xe buýt.



Vạch kẻ đường cho làn xe đạp phải được vẽ liên tục qua nút giao. Ở đây chúng tôi sử dụng nét đứt dày để biểu thị cho người đi xe đạp thấy các vị trí mà phương tiện xe có thể cắt qua làn xe đạp. Kiểm tra các tiêu chuẩn áp dụng để tìm các ký hiệu chính xác.



Hình 31 Điểm giao cắt với đường xe đạp

Ký hiệu được khuyến nghị dành cho đường xe đạp



Chúng tôi khuyến nghị đặt vạch dừng của làn giao thông hỗn hợp và làn xe đạp so le nhau, vạch dừng của làn xe đạp đặt lên trước một chút. Điều này nhằm đảm bảo rằng những lái xe ô tô rẽ phải phải nhìn thấy người đi xe đạp.

Tại đây chúng tôi đưa ra khoảng cách 1m giữa hai vạch dừng. Khoảng cách này thậm chí có thể lớn hơn, tới 5m.

5.4 ĐIỂM GIAO CẮT LÀ NGÃ TƯ CHÍNH, CÓ ĐƯỜNG CHO XE ĐẠP

Ở đây chúng tôi đề cập đến các giải pháp thiết kế các điểm giao cắt dọc tuyến đường xe buýt có các đường cho xe đạp.

Vấn đề quan trọng nhất cần được xem xét đó là va chạm giữa người đi xe đạp tiếp tục đi qua điểm giao cắt với các phương tiện rẽ phải. Yếu tố chủ chốt để cải thiện tình trạng an toàn là đảm bảo các đường cho xe đạp dễ nhìn với những người điều khiển phương tiện trên đường vào điểm giao cắt. Chúng tôi đề xuất bỏ bớt các thanh chắn vật lý lớn như các hàng rào dọc đường cho xe đạp khoảng vài mét trước điểm giao cắt để đảm bảo tầm nhìn tốt hơn. Các thanh chắn có chiều cao nhỏ hơn có thể được sử dụng ở đầu các điểm giao cắt.

Làn xe đạp cũng phải được đánh dấu rõ ràng khi nó vượt qua nút giao, và vạch kẻ đường phải chỉ người đi xe đạp biết rõ là các phương tiện khác có thể cắt ngang qua làn xe đạp.

Ảnh hưởng duy nhất của các làn xe đạp đối với việc vận hành xe buýt người đi xe đạp đi vào làn xe buýt và khi đó xe buýt phải đi sau người đi xe đạp gây ra sự chậm trễ. Năng suất hay tốc độ vận hành của hệ thống xe buýt phải không bị ảnh hưởng bởi sự có mặt của làn xe đạp.



Hình 32 Ví dụ về các biển báo và ký hiệu làn đường xe đạp



Hình 33 Nút giao ngã tư nhỏ, cắt qua một đường ngang

5.5 NÚT GIAO NGÃ TƯ NHỎ, CẮT QUA MỘT ĐƯỜNG NGANG

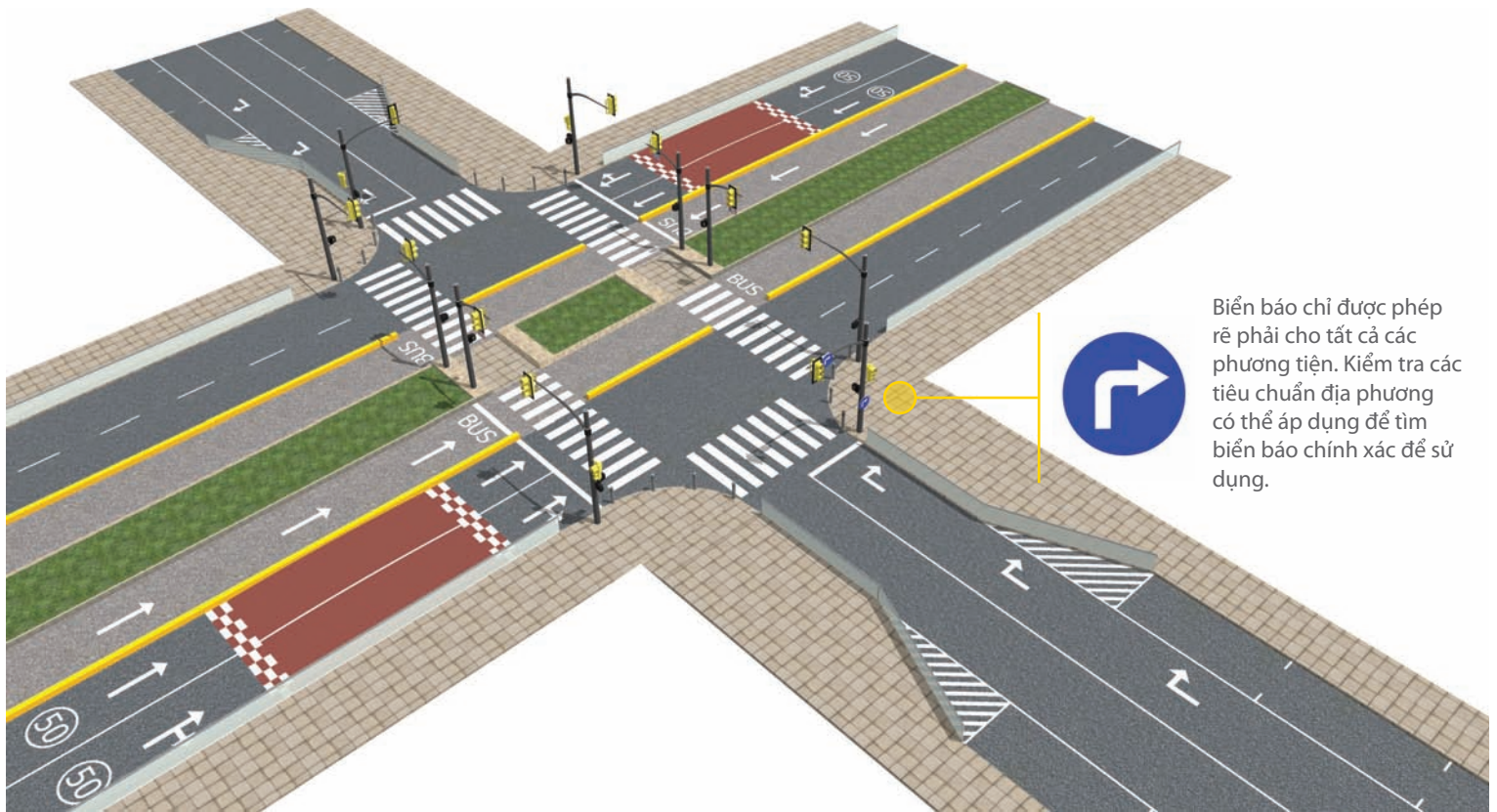
Chúng tôi đã đề cập đến hầu hết các vấn đề về an toàn liên quan đến loại điểm giao cắt này. Các vấn đề thiết kế chính đó là làm cho các điểm giao cắt càng hẹp càng tốt, các lối sang đường ngắn, và đảm bảo các phương tiện không được phép không đi vào các làn xe buýt.

Điều quan trọng nữa là cần đảm bảo rằng pha tín hiệu đèn xanh của đường ngang cũng có thời gian dài đủ để người đi bộ qua đường xe buýt trong một nhịp đèn.

thiết kế này cũng chỉ ra cách lắp đặt các lan can bảo vệ cho người đi bộ dọc theo mép vỉa hè thay vì ở dải phân cách. Điều này có thể giúp bảo vệ vỉa hè khỏi bị sử dụng làm nơi đỗ xe trái phép.

Bảng 10 Tác động an toàn của việc chuyển đổi một ngã tư thành hai nút giao chữ T

		% Thay đổi về va chạm	Khoảng Tin cậy 95%
Chuyển đổi một nút giao cắt là ngã tư thành hai nút giao cắt chữ T	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	-66%	(-88%, -1%)
	Tất cả các va chạm	-57%	(-70%, -37%)



Hình 34 Đường ngang bị chặn

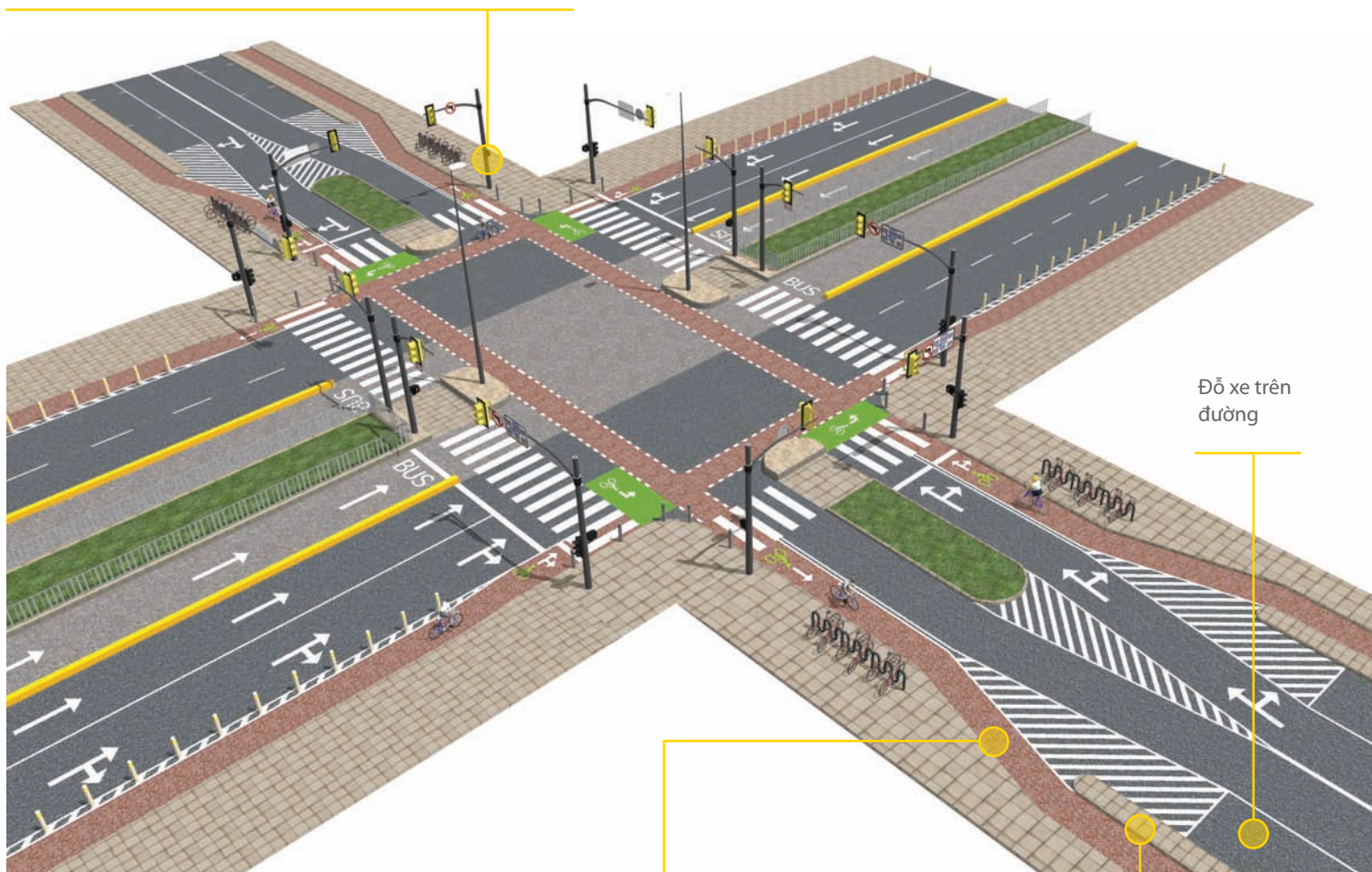
5.6 ĐIỂM GIAO CẮT LÀ NGÃ TƯ PHỤ, ĐƯỜNG PHỐ CẮT NHAU ĐƯỢC PHONG TỎA/NÚT GIAO CHỮ T

Chặn các phương tiện trên các đường ngang đi xuyên qua nút giao có thể làm giảm các va chạm ở các điểm giao cắt xuống còn 57% (Bảng 10). Tuy nhiên, điều này lại không mang lại lợi ích gì cho người đi bộ. Thực tế, khi dải phân cách được nối liền trên tuyến đường xe buýt đi qua điểm giao cắt, thông thường trên các hệ thống BRT hiện có để loại bỏ đèn hiệu giao thông và các lối sang đường. Tuy nhiên, chúng tôi đã tiến hành quan sát trong suốt thời gian thẩm định an toàn đường bộ, người đi bộ sẽ tiếp tục đi qua ở các khu vực này và có khả năng xảy ra va chạm. Do đó, chúng tôi khuyến nghị nên duy trì các lối sang đường và các đèn tín hiệu cho người đi bộ. Hơn nữa, một số phương tiện có thể không dừng lại khi có tín hiệu đèn đỏ nếu chỉ có giao nhau với đường của người đi bộ. Vì thế, để giảm thiểu rủi ro này chúng tôi đề xuất nên sử dụng các gờ giảm tốc trước điểm giao cắt.

Các làn xe buýt trong khu vực này vẫn phải đảm bảo khoảng thời gian đủ dài cho người đi bộ có thể đi qua đường, vì vậy, tất cả những thứ khác đều cân bằng và việc chặn đường ngang không ảnh hưởng đến hiệu suất. Tuy nhiên, điều này sẽ làm giảm tốc độ vận hành so với các thực hành tiêu chuẩn về các tuyến BRT trong việc giảm các lối đi qua đường và các tín hiệu ở các khu vực này. Điều này giúp cân bằng giữa tốc độ vận hành và an toàn cho người đi bộ. Tối thiểu cứ khoảng 300 mét phải có một lối sang đường có tín hiệu đèn.

5.7 NGÃ TƯ NHỎ, XE ĐẠP ĐƯỢC PHÉP RẼ

Tại đây, đèn tín hiệu phụ bổ sung rất quan trọng. Người đi xe đạp đang đứng trước vạch dừng để đợi rẽ trái sẽ không nhìn thấy tín hiệu chính trên cao và sẽ phải dựa hoàn toàn vào đèn tín hiệu phụ bổ sung ở dưới thấp.



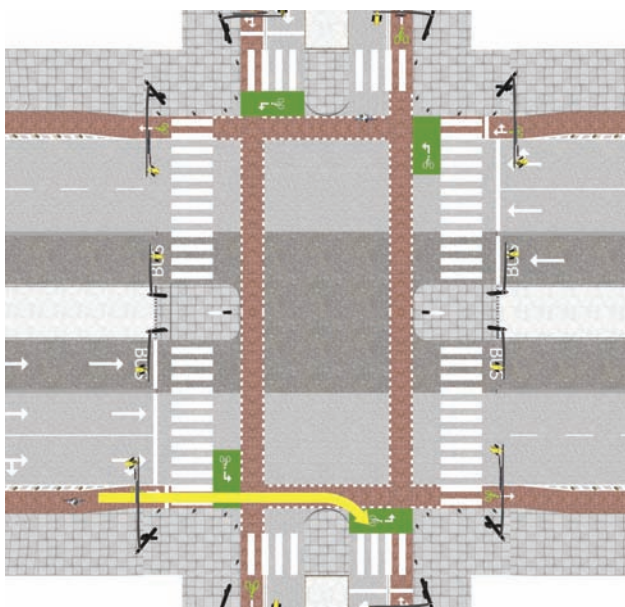
Hình 35 Ngã tư nhỏ, xe đạp được rẽ

Các vị trí an toàn nhất cho đường xe đạp là giữa vỉa hè và làn đậu xe. Điều này có thể giúp loại bỏ các va chạm giữa người đi xe đạp và xe hơi đang đỗ hoặc đang di chuyển trong và ngoài chỗ đậu xe.

Một vùng đệm giữa bãi đậu xe và đường xe đạp có thể giúp bảo vệ người đi xe đạp từ việc mở cửa xe bất ngờ của xe đang đỗ - một lo ngại chung về an toàn cho người đi xe đạp.

5.8 CÁC ĐIỂM GIAO CẮT CÓ CƠ SỞ HẠ TẦNG CHO XE ĐẠP

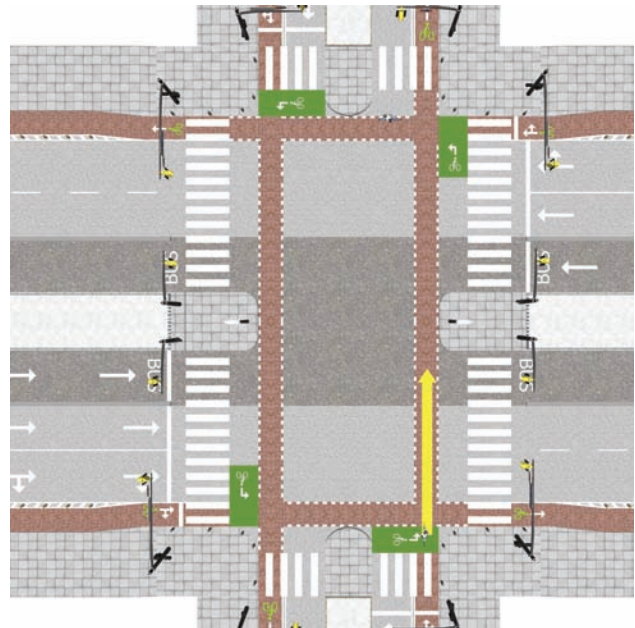
Mối quan tâm chính về sự an toàn ở điểm giao cắt ở các đường phố có cơ sở hạ tầng cho xe đạp đó là làm sao để những người đi xe đạp có thể rẽ trái nhưng vẫn đảm bảo an toàn lưu thông. Có một số tùy chọn cho các nhà thiết kế, như các ô dừng cho xe đạp và các ô dừng chờ rẽ 2 giai đoạn (NACTO 2011). Theo chúng tôi, nên sử dụng các ô dừng chờ rẽ 2 giai đoạn, như được minh họa trong Hình 36 và 37. Lưu ý: Chức năng của các ô dừng chờ rẽ 2 giai đoạn rất khác với chức năng của các ô rẽ trái. Những người đi xe đạp nếu muốn rẽ trái, đầu tiên phải đi qua nút giao, sau đó đợi đến tín hiệu đèn xanh ở ô dừng chờ dành riêng trên phố giao nhau. Khi đèn ở đường đường ngang chuyển sang xanh, những người đi xe đạp có thể đi qua tuyến BRT cùng với các phương tiện còn lại.



Hình 36 Giai đoạn đầu tiên của rẽ trái: Người đi xe đạp cần tiếp tục đi thẳng dọc theo tuyến đường BRT khi đèn xanh, dừng lại ở hộp đợi để chờ đến lượt, và chờ ở đó cho đến khi đèn đổi màu.

Ngoài ra, giải pháp thiết kế phổ biến này (NACTO 2011) cũng là lựa chọn tốt nhất để giảm thiểu các xung đột giữa người đi xe đạp và người tham gia giao thông khác. Tùy thuộc vào hoàn cảnh địa phương và kinh nghiệm trước đây về giải pháp này mà nó cũng có thể là một cách sắp xếp mới và tương đối lạ. Những lợi thế của việc sử dụng cách bố trí này cần được cân nhắc cẩn thận đối lại với việc cần phải giáo dục và thực thi để đảm bảo người đi xe đạp tuân thủ việc sử dụng các ô rẽ đúng cách.

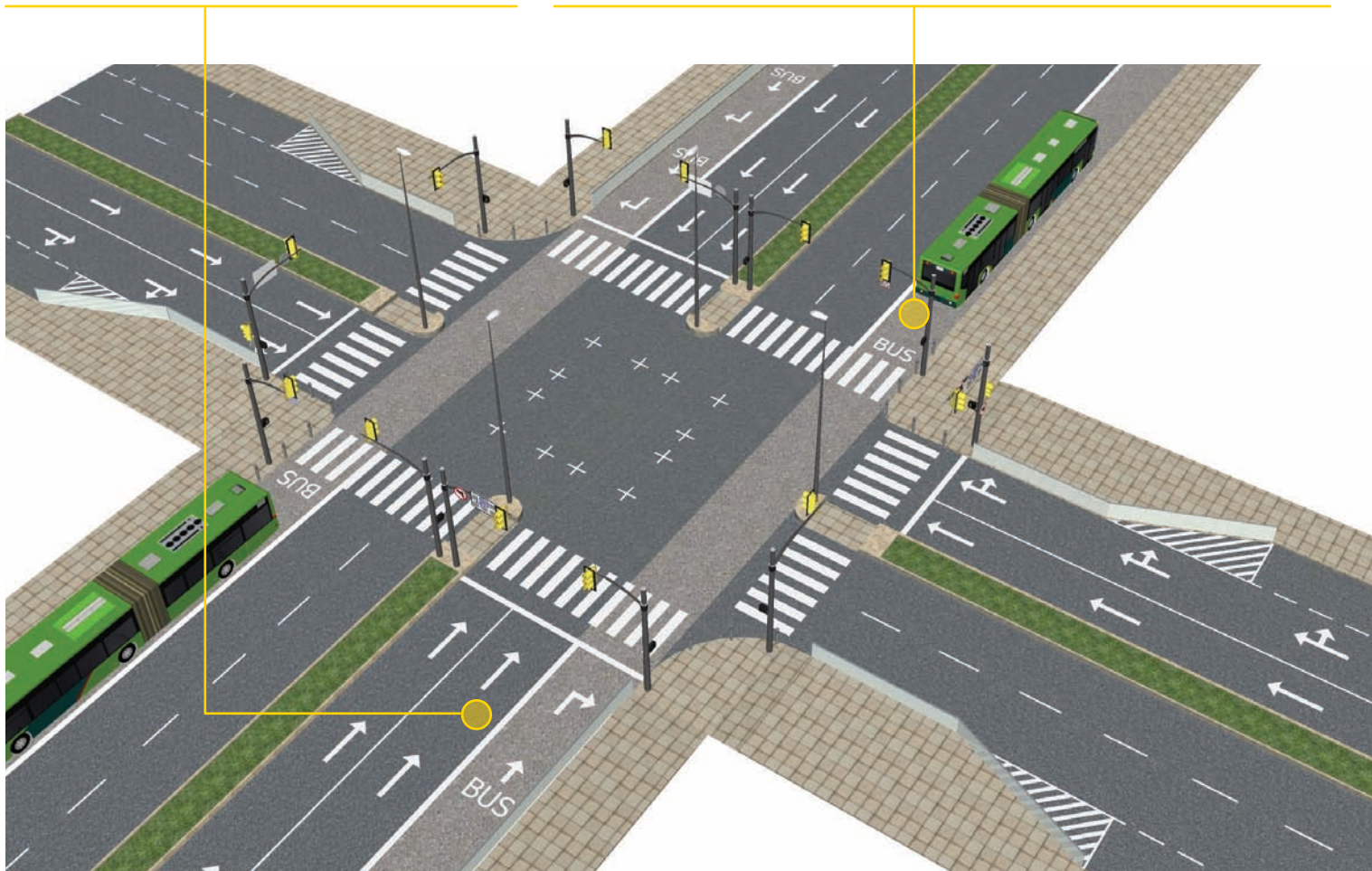
Nếu những người đi xe đạp không được thông báo rõ về cách sử dụng loại cơ sở hạ tầng này, những lợi ích về sự an toàn từ cơ sở hạ tầng này sẽ trở nên vô nghĩa. Ngoài ra, còn có các đề xuất khác để cho phép những người đi xe đạp có thể rẽ trái, như được trình bày trong NACTO 2011.



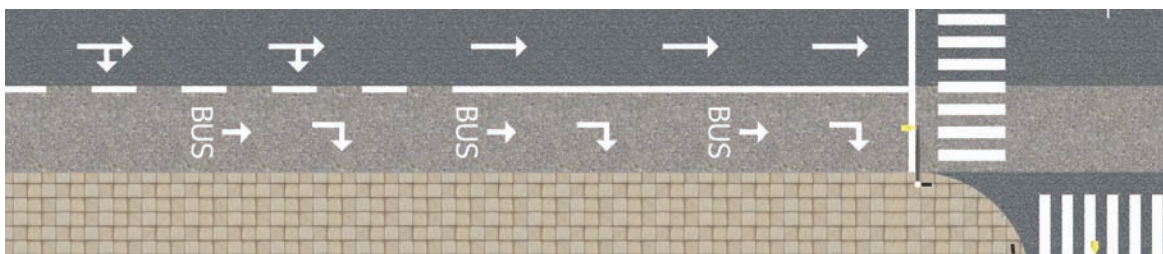
Hình 37 Giai đoạn thứ hai của rẽ trái: Khi đèn xanh tại đường ngang, người đi xe đạp có thể đi qua đường BRT cùng với các phương tiện giao thông còn lại. Lưu ý tầm quan trọng của đèn tín hiệu phụ bổ sung ở đây. Người đi xe đạp sẽ không thể nhìn thấy đèn tín hiệu chính và sẽ dựa hoàn toàn vào đèn tín hiệu phụ bổ sung được đặt phía bên kia của nút giao.

Mũi tên chỉ đường tại làn sát lề cần chỉ rõ ràng các phương tiện rẽ phải được đi chung với làn xe buýt, nhưng xe buýt sẽ đi thẳng. Kiểm tra các tiêu chuẩn áp dụng để tìm các ký hiệu hoặc biển báo chính xác để sử dụng trong tình huống này.

Bán kính quay ở đây nhỏ, để ngăn các loại xe tình cờ rẽ phải từ đường ngang vào làn đường xe buýt. Nhưng phải có đủ không gian cho xe rẽ phải một cách an toàn vào một trong những làn hỗn hợp. Tuy nhiên, một bán kính quay nhỏ không nên được sử dụng khi một số xe có thể cần phải rẽ phải trực tiếp vào làn đường xe buýt (ví dụ, xe bảo dưỡng, dịch vụ xe buýt địa phương sử dụng chung làn đường xe buýt, xe cứu thương, v.v)



Hình 38
Nút giao cắt BRT
sát lề



Hình 39 Xem sơ đồ một đường vào nút giao cắt dọc tuyến đường xe buýt. Các phương tiện rẽ phải có thể sáp nhập vào làn đường xe buýt tại lề đường trước điểm giao cắt và sau đó rẽ phải từ làn đường xe buýt. chỗ cho việc sáp nhập vào làn đường xe buýt phải dài ít nhất 50 mét.

5.9 NÚT GIAO CẮT LÀ NGÃ TƯ LỚN, BRT SÁT LỀ/ĐƯỜNG XE BUÝT

Rẽ phải như thế nào là một trong những vấn đề an toàn chính ở nút giao dành cho các làn xe buýt sát lề. Cấm rẽ phải qua làn xe buýt sát lề sẽ hạn chế lớn đến quá trình lưu thông vào các khu vực lân cận. Do đó, giao thông hỗn

hợp phải có các làn xe buýt cho phép rẽ hay rẽ từ làn lân cận qua làn xe buýt, tuy nhiên, phải có pha rẽ được bảo vệ.



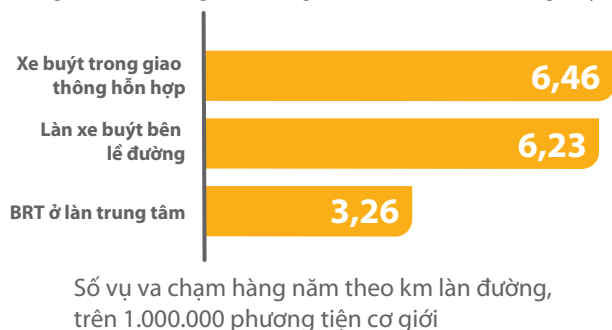
Hình 41 Các nút giao với đường ưu tiên xe buýt hoặc giao thông hỗn hợp

5.10 NÚT GIAO CẮT LÀ NGÃ TƯ LỚN, ĐOẠN ĐƯỜNG PHỐ NHỎ HƠN 200 MÉT: BRT SẮT LỀ/ĐƯỜNG XE BUÝT

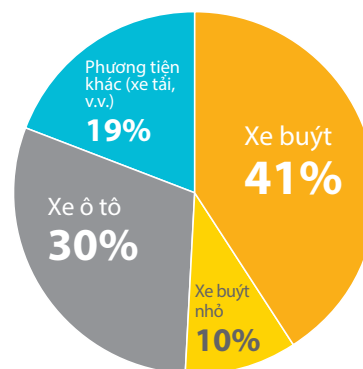
Khi chiều dài các đoạn đường phố nhỏ hơn 200 mét (thường ở các khu vực trung tâm đông đúc), tuyến xe buýt sắt lề sẽ hoạt động giống như hệ thống xe buýt thông thường ở hệ thống giao thông hỗn hợp.

Theo phân tích dữ liệu về các vụ va chạm cho thấy chỉ số an toàn của hệ thống ưu tiên xe buýt sắt lề không cao bằng các hệ thống làn trung tâm, mặc dù hệ thống này

vẫn có sự cải thiện so với hệ thống xe buýt thông thường. Như được nói đến trong phần tổng quan nghiên cứu, điều không hẳn là do chính cách bố trí của hệ thống xe buýt. Thay vào đó, việc thí điểm hệ thống ưu tiên xe buýt sắt lề chưa tính đến các đặc điểm như bổ sung thêm dải phân cách, rút ngắn lối đi qua đường, hay cấm rẽ trái - đây là đặc điểm điển hình làm tăng độ an toàn của các hệ thống làn trung tâm.



Hình 40 So sánh các dữ liệu an toàn đường bộ đối với ba loại tuyến đường xe buýt ở Guadalajara, Mexico



Hình 42 Các phương tiện liên quan đến va chạm trên một tuyến đường xe buýt sắt lề ở Guadalajara (Avenida Alcalde)

5.11 HIỂU BIẾT VỀ VIỆC TUÂN THỦ TÍN HIỆU CỦA NGƯỜI ĐI BỘ

Ở chương 3 (các phân đoạn giữa tuyến phố) và 5 (các nút giao), chúng tôi đã đề xuất rằng tất cả các lối qua đường cho người đi bộ cùng mức tại các đường chính đô thị cần phải được lắp đặt đèn tín hiệu để tạo ra một môi trường qua đường an toàn. Ngoài ra, cần đặc biệt lưu ý đến bố trí đèn tín hiệu và hiểu được các yếu tố giúp tuân thủ giao thông của người đi bộ. Một lối sang đường được trang bị đèn tín hiệu nhưng phần lớn người đi bộ lại không tuân thủ tín hiệu thì cũng không mang lại bất cứ lợi ích an toàn đáng kể nào. Tại hầu hết các thành phố mà chúng tôi đã nghiên cứu cho báo cáo này, phần lớn các tín hiệu giao thông đều được thiết kế dựa trên hầu hết những mối quan tâm về năng lực giao thông. Hành vi của người đi bộ thường không được tính đến và kết quả là việc bố trí đèn tín hiệu phức tạp và thời gian chờ đợi lâu, cả hai điều này đều góp phần làm mức độ tuân thủ tín hiệu thấp. Tỷ lệ người đi bộ qua đường vượt đèn đỏ thường cao tại hầu hết các thành phố mà chúng tôi nghiên cứu (Hình 43), và rõ ràng đây là một mối lo về an toàn.

Ngoài khía cạnh giáo dục và thực thi đối với vấn đề vượt đèn đỏ của người đi bộ, nghiên cứu cũng chỉ ra rằng thiết kế vật lý của các nút giao và đặc biệt là bố trí ca tín hiệu giao thông có thể ảnh hưởng lớn tới mức độ tuân thủ tín hiệu (Ví dụ: Zhou và cộng sự 2011; Coopér và cộng sự 2012).

Là một phần của nghiên cứu được thực hiện cho báo cáo này, chúng tôi đã nghiên cứu về hành vi của người đi bộ ở các nút giao có đèn hiệu giao thông và về các thiết kế nút giao chung và các bố trí tín hiệu có ảnh hưởng như thế nào đến hành vi vượt đèn đỏ khi sang đường của người đi bộ. Hãy tham khảo tài liệu Duduta, Zhang, và Kroneberger 2014 để biết thêm thông tin về bản mô tả chi tiết về quá trình thu thập dữ liệu và phương pháp luận phân tích cho nghiên cứu này. Ở đây chúng tôi chỉ đề cập đến các kết quả chính và các hệ quả của việc thiết kế nút giao và đèn hiệu giao thông.



Hình 43 Người đi bộ vượt đèn đỏ ở trung tâm trung chuyển Eminönü ở Istanbul (ảnh trái) và tại Salvador Allende bến xe buýt cao tốc ở Rio de Janeiro (ảnh phải)

Bảng 11 Mô hình lôgit nhị phân dự báo lựa chọn của người đi bộ vượt đèn đỏ tại các nút giao có trang bị đèn tín hiệu (dấu Dương biểu thị khả năng cao hơn của việc vượt đèn đỏ)

	Hệ số	P
Người bị hạn chế lưu thông (=1 nếu có, =0 nếu ngược lại)	-3,813	0,000
Khoảng cách giao thông (giây cho đến khi chiếc xe tiếp theo)	0,037	0,000
Lưu lượng giao thông (xe / giây / làn)	-12,525	0,000
Sự chậm trễ trung bình cho người đi bộ (công thức HCM, giây)	0,012	0,023
Va chạm với xe rẽ trái (=1 nếu đúng, =0 nếu ngược lại)	0,873	0,000
Tất cả các pha đỏ (giải phóng xe cộ) (=1 nếu có, =0 nếu ngược lại)	1,02	0,001
Chiều dài lối qua đường (mét)	-0,298	0,000
Constant	1,576	0,000
Số quan sát	1570	
Log likelihood	-494,342	
LR chi2 (prob > chi2)	294,16 (0,000)	

Nguồn: Duduta, Zhang, và Kroneberger 2014

Một trong những phát hiện nghiên cứu chính từ các kết quả trong Bảng 11 là độ trễ trung bình của người đi bộ là yếu tố dự báo chính việc tuân thủ đèn hiệu giao thông. Độ trễ tín hiệu cần căn cứ vào độ dài của pha xanh dành cho người đi bộ và độ dài của chu kỳ đèn hiệu giao thông:

$$d_p = \frac{(C - g_{Walk,mi})^2}{2C}$$

(Eq. 18-71, Hướng dẫn Công suất Cao tốc)

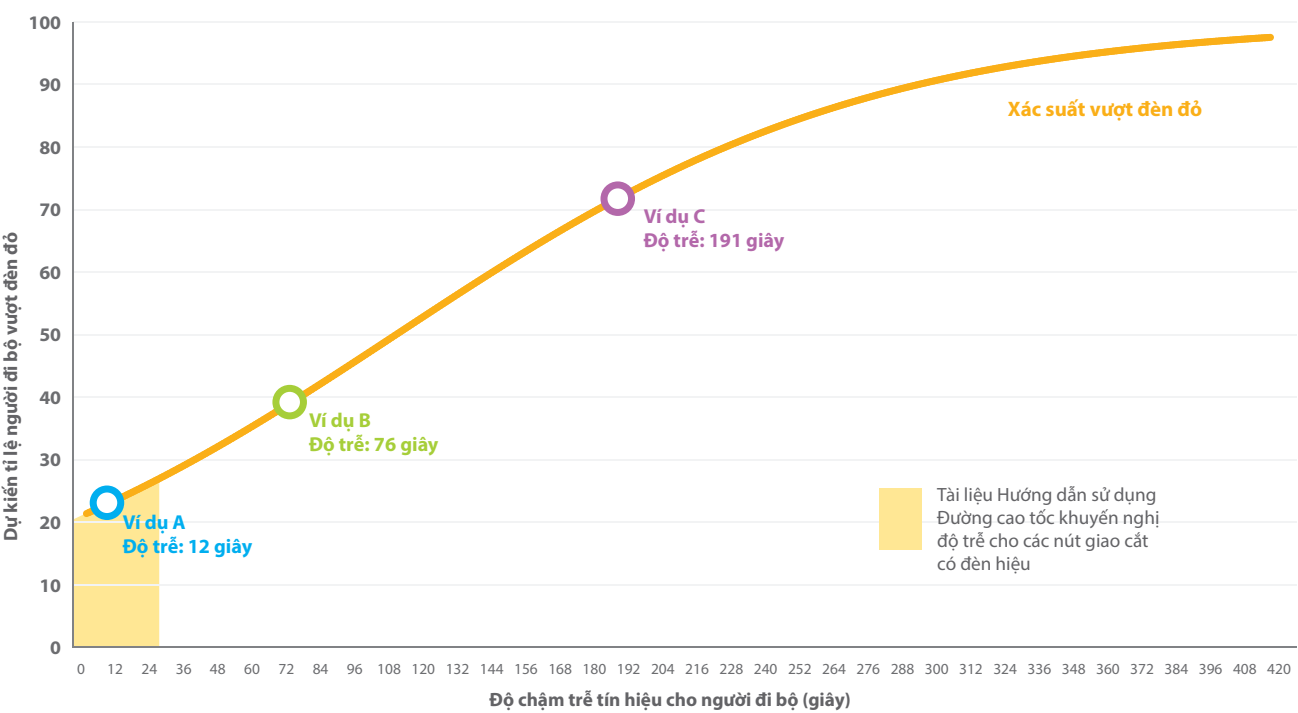
Trong đó d_p là độ trễ của người đi bộ, C là độ dài của chu kỳ đèn hiệu giao thông, $g_{Walk,mi}$ là thời gian sang đường hiệu quả cho pha tín hiệu ở các đường phố nhỏ (được tính như pha đèn xanh cộng thêm 4 giây), và tất cả các phép đo đều được tính bằng giây. Độ trễ của người đi bộ sẽ cao lên khi chu kỳ tín hiệu dài ra và cũng như khi pha xanh cho người đi bộ ngắn lại. Sổ tay tính toán năng lực đường cao tốc (Highway Capacity Manual - HCM) chỉ cung cấp một cách ước tính giá trị của độ trễ để đưa ra kết luận về việc tuân thủ của người đi bộ với tín hiệu. Lưu ý rằng

những người đi bộ rất có thể sẽ đi qua khi có tín hiệu đèn đỏ với độ trễ trên 30 giây và sẽ đợi chuyển sang tín hiệu đèn xanh khi độ trễ dưới 10 giây. Bảng 12 trình bày các giá trị có thể cho pha dành cho người đi bộ và chiều dài chu kỳ tín hiệu sẽ dẫn đến độ trễ chỉ dưới 10 và 30 giây, tương ứng.

Ví dụ A là một bố trí phổ biến cho một lối qua đường cho người đi bộ trên một tuyến đường chính, cho phép đi bộ có lợi thế ưu tiên hơn so với các phương tiện giao thông. Trong trường hợp này, chúng tôi dự báo việc tuân thủ tín hiệu của người đi bộ ở mức cao. Ví dụ B là một trường hợp mà pha dành cho người đi bộ tương ứng với pha đèn xanh của đường phụ tại một nút giao lớn. Tại đây sẽ thách thức hơn khi mà chu kỳ đèn phải dài để hoàn thành để hoàn thành tất cả các pha, làm cho người đi bộ ít khả năng tuân thủ tín hiệu. Ví dụ C là một trường hợp cực đoan của sự chờ đợi lâu đối với người đi bộ với chiều dài chu kỳ tín hiệu điển hình tại nút giao lớn ở các thành phố lớn của Ấn Độ.

Bảng 12 Các ví dụ về bố trí tín hiệu và độ trễ cho người đi bộ tương ứng

Ví dụ	Độ trễ của người đi bộ (d_p)	Độ dài pha xanh cho người đi bộ	Độ dài chu kỳ tín hiệu
A	12	40	85
B	76	15	180
C	191	30	440



Hình 44 Tỉ lệ phần trăm người đi bộ vượt đèn đỏ tại một điểm giao cắt, căn cứ vào độ trễ tín hiệu người đi bộ (dựa trên Duduta, Zhang, Kroneberger 2014)

Ngoài độ dài của các pha tín hiệu khác nhau ra, thì loại pha được sử dụng ở nút giao cũng có ảnh hưởng đến khả năng vượt đèn đỏ của người đi bộ. Những người đi bộ hầu hết sẽ đợi chuyển sang tín hiệu xanh nếu xung đột chính trong pha đèn đỏ là với luồng giao thông ở đường ngang. Khi luồng giao thông ở đường ngang dừng lại, và bắt đầu cho phép các luồng rẽ đi, người đi bộ có nhiều khả năng sẽ vượt đèn đỏ. Chúng tôi đã thử nghiệm sự ảnh hưởng của các loại pha tín hiệu khác nhau đối với khả năng vượt đèn đỏ và đã phát hiện ra rằng khả năng vượt đèn đỏ cao nhất gắn liền với các pha rẽ trái của xe cộ (Bảng 11). Lưu ý rằng ở đây chúng tôi đề cập tới những pha rẽ trái xung đột với chiều di chuyển của người đi bộ.

Thiết kế vật lý của nút giao cũng có ảnh hưởng đến mức độ tuân thủ đèn hiệu giao thông. Những người đi bộ thường vượt đèn đỏ nhiều hơn khi chiều dài của lối đi qua đường ngắn hơn. Do đó, ở đây cần phải phân biệt rõ về các thiết kế mang lại sự tuân thủ tốt hơn và các thiết kế an toàn hơn. Mặc dù ở các nút giao lớn ít người vượt đèn đỏ hơn nhưng lại có rất nhiều người bị thương hay bị chết ở khu vực đó. Thực tế, chúng tôi thấy rằng các lối đi qua đường càng dài thì các vụ va chạm với người đi bộ càng cao (Bảng 8). Điều này minh chứng rằng nút giao sẽ an toàn hơn khi rút ngắn khoảng cách sang đường, tuy nhiên những người đi bộ có xu hướng có những hành vi mạo hiểm dưới các điều kiện an toàn hơn.

CÁC ĐỀ XUẤT THIẾT KẾ ĐỂ CẢI THIỆN MỨC ĐỘ TUÂN THỦ ĐÈN HIỆU GIAO THÔNG CHO NGƯỜI ĐI BỘ

Có lẽ điều quan trọng nhất được rút ra từ các kết quả thử nghiệm đó là để giảm thiểu hành vi vượt đèn đỏ khi sang đường, các chu kỳ đèn hiệu giao thông nên ngắn và đơn giản. Việc tăng các pha để đáp ứng thêm cho các luồng rẽ hay kéo dài các pha để tăng mật độ lưu thông của các phương tiện sẽ làm cho độ trễ của người đi bộ dài hơn hay các cấu hình đèn hiệu giao thông sẽ phức tạp hơn. Theo các kết quả nghiên cứu của chúng tôi, cả hai trường hợp này đều dẫn đến tỉ lệ vượt đèn đỏ ở mức cao của người đi bộ khi sang đường.

Mặc dù chúng có liên quan tới mức độ tuân thủ đèn tín hiệu thấp, nhưng lối qua đường ngắn vẫn luôn được ưa thích. bởi vì theo ghi nhận mức độ an toàn của phương

pháp này là cao hơn và rõ ràng an toàn là chỉ số thực hiện quan trọng đối với cơ sở hạ tầng cho người đi bộ hơn là vượt đèn đỏ khi sang đường. Chúng tôi chỉ muốn chỉ ra cho các nhà thiết kế đô thị và các kỹ sư giao thông biết được rằng việc thu hẹp đường cũng làm cho những người đi bộ có xu hướng không tuân thủ đèn hiệu giao thông, Một biện pháp tốt theo quan điểm này sẽ có thể là kết hợp thu hẹp lòng đường với các thiết bị điều tiết giao thông bổ sung, , như gờ giảm tốc, hoặc thậm chí là làm giảm độ trễ tín hiệu hơn nữa tại các lối qua đường ngắn để cải thiện sự tuân thủ tín hiệu của người đi bộ.



Hình 45 Người đi bộ ở Rio de Janeiro sang đường lúc đèn đỏ khi không có các phương tiện giao thông tiến đến



Hình 47 Thiết kế nút giao cắt điển hình và dịch vụ vận tải hành khách ở trung tâm lịch sử của thành phố México sau khi Metrobus Tuyến 4 được đưa vào hoạt động

NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG

METROBUS TUYẾN 4, THÀNH PHỐ MEXICO

ƯU TIÊN XE BUÝT Ở TRUNG TÂM THÀNH PHỐ LỊCH SỬ:

Tuyến 4 là một phần của mạng lưới BRT đang phát triển của Metrobús ở Thành phố Mexico, trong đó năm 2013 đã hoàn thành 95km và vận tải trên 700.000 lượt khách mỗi ngày. Trong khi đó ba tuyến trước của hệ thống là BRT chạy trên dải phân cách hoạt động trên các trục giao thông đô thị lớn, tuyến 4 chạy trên các đường phố hẹp ở trung tâm lịch sử của thành phố, kết trung tâm vận tải hành khách cấp vùng lớn vực lớn (Buenavista và San Lázaro) với sân bay quốc tế của Thành phố Mexico. Chiều rộng của các đường phố hẹp ở trung tâm lịch sử là một thách thức không nhỏ đối với quá trình thiết kế. Không thể tạo các làn xe buýt dành riêng như trên các tuyến khác của Metrobús do phải bảo tồn rất nhiều các tài sản khu vực và các gara đỗ xe ở đó. Do đó, tuyến 4 vận hành trên các làn ưu tiên xe buýt được dùng chung với các phương tiện giao thông địa phương khác tại các đoạn đường hẹp, và trên các làn được chỉ định dành riêng khi có lộ giới đủ để chúng hoạt động. Đây là một hệ thống phức tạp bởi vì những người tham gia giao thông khác đôi lúc được phép và không được phép sử dụng chung các làn xe buýt. Điều này yêu cầu việc thiết kế cẩn thận, sử dụng các vạch kẻ đường và ký hiệu theo chiều thẳng đứng cùng với việc thực thi để giúp người tham gia giao thông hiểu được bố trí của đường phố mới (Hình 46).

Mối quan tâm quan trọng khác là nhu cầu sắp xếp đủ chỗ cho cả các tính năng ưu tiên xe buýt

và không gian đủ cho nhiều khách bộ hành có mặt tại trung tâm lịch sử. Thiết kế Tuyến 4 Metrobús gồm một số biện pháp an toàn cho những người đi bộ, điều này thường không được áp dụng trên các đường phố ở Thành phố Mexico trước đây, như các tín hiệu cho người đi bộ, các đảo trú chân được bảo vệ, các cột chắn xe sắt để không cho phép các xe ô tô đỗ trên lề đường, và nâng cấp các vỉa hè và bổ sung thêm các bảng chỉ dẫn, như được đề cập ở Hình 47. Các lối đi qua đường mới và các ký hiệu vạch dừng xe là những cải tiến thiết kế đáng chú ý trên Tuyến 4, bởi vì các phương pháp này làm cho các lối đi qua đường ở các nút giao trở nên dễ nhìn hơn cho các lái xe.



Hình 46 Các biển báo giao thông và mũi tên chỉ đường mới thể hiện kết thúc của làn dùng chung và bắt đầu làn dành riêng cho xe buýt, chỗ mà các phương tiện giao thông hỗn hợp phải rẽ phải.



Bến xe dọc tuyến TransOeste BRT tại Rio de Janeiro, Brazil

CHƯƠNG 7

CÁC KHUYẾN NGHỊ BẾN XE BUÝT

7.1 CÁC VẤN ĐỀ CHÍNH VỀ AN TOÀN

Đường vào bến dành cho người đi bộ

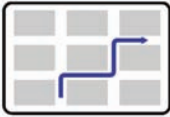
Bến là khu vực có mật độ người đi bộ cao hơn hầu hết các khu vực khác trên tuyến đường xe buýt, do ngoài giao thông của người đi bộ thông thường còn có đi lại ra vào bến. Ở đây không chỉ có rủi ro cao về các vụ va chạm với người đi bộ mà còn có các hành vi hết sức nguy hiểm, đặc biệt là các hành vi ra vào bến ẩu. Thiết kế và bố trí bến có thể ảnh hưởng đến tần suất di chuyển nguy hiểm của người đi bộ khi di chuyển. Sử dụng các bến kín với các lối vào có kiểm soát dẫn luồng giao thông của người đi bộ tới các lối qua đường có đèn tín hiệu và cách bố trí an toàn nhất. Các bến mở với các sàn bến thấp thường dẫn đến các hành vi đi ẩu hơn của người đi bộ, trong khi các bến kín với sàn bến cao có thể giảm các hành vi nguy hiểm này.

Va chạm giữa các xe buýt

Đây là một vấn đề cần được xem xét trên các tuyến BRT với mật độ giao thông cao, đặc biệt ở các khu vực có các làn cao tốc và kết hợp các dịch vụ cao tốc và địa phương, đây là các khu vực có rủi ro cao về va chạm giữa các loại xe buýt khác nhau. Loại va chạm chủ yếu ở các bến đó là va chạm giữa các xe buýt ra vào các làn cao tốc.

Ở các trang sau, chúng tôi đưa ra một số giải pháp thiết kế cho các bến xe buýt để có thể giải quyết các vấn đề chính về an toàn vừa được đề cập ở đây. Mục tiêu chính là không đối bất kể loại bến: Kiểm soát quá trình di chuyển của người đi bộ và không cho phép những người này đi qua đường một cách trái phép. Tuy nhiên, các giải pháp thiết kế có các kết quả khác nhau còn tùy thuộc vào loại bến nào được sử dụng, và phương pháp thu vé được áp dụng cho hệ thống xe buýt.

Đầu tiên là giải pháp thiết kế cho bến ở dải phân cách giữa trên tuyến đường BRT làn trung tâm. Được chia thành hai phần, phần đầu liên quan đến đường vào bến cho người đi bộ, và tiếp đến là thiết kế bến và sàn bến chi tiết. Đối với giải pháp thiết kế đường vào bến BRT cho người đi xe đạp, hãy tham khảo phần sau (bến trung chuyển và bến cuối). Sau đó chúng tôi trình bày từng trường hợp cụ thể của các bến ở dải phân cách giữa, thường rất phổ biến trên các hệ thống công suất cao như TransMilenio và có các bến dừng phụ và các làn cao tốc. Trong trường hợp này, ngoài giải quyết việc tiếp cận cho người đi bộ, các nhà thiết kế bến cũng cần lưu ý tới các xung đột tiềm ẩn giữa các xe buýt khác nhau. Chúng tôi cũng minh họa các ý tưởng cho các bến xe buýt trên các tuyến không sử dụng thu vé trước khi lên xe - như các tuyến xe buýt mở, các tuyến với làn xe buýt sát lề, hoặc dịch vụ xe buýt thông thường đi chung với các phương tiện giao thông hỗn hợp.



Trong bối cảnh Mỹ Latinh, có thể sẽ tốt hơn khi nghiêm cấm cả việc rẽ trái lẫn rẽ phải ở nút giao thông có các bến BRT. Điều này có thể đảm bảo lối tiếp cận an toàn cho người đi bộ, đặc biệt là tại các bến với số lượng người đi bộ lớn. Rẽ phải có thể thay thế bằng đường tránh, và sẽ cần bắt đầu từ một ngã trước nút giao cần rẽ.



Hình 49 Đường vào bến trên một tuyến đường trực chính đô thị

Tại các bến BRT ở Mỹ Latinh, việc người đi bộ đi dọc theo dải phân cách hoặc từ bến xe để sang đường là rất phổ biến, đặc biệt khi thời gian đèn xanh ở bến BRT là khá dài. Một số bến BRT, như Macrobús ở Guadalajara, đã triển khai các lối qua đường bằng tín hiệu đèn dọc theo dải phân cách. Mặc dù chúng tôi không có bằng chứng về tác động an toàn của tính năng cụ thể này, nhưng hồ sơ về an toàn chung tại bến xe Macrobús là tốt. Loại giải pháp này có thể được cân nhắc tại các bến BRT, đặc biệt là khi ý thức tuân thủ tín hiệu ở người đi bộ là thấp và việc sang đường dọc theo các dải phân cách có thể dự đoán được, dù có hoặc không có lối qua đường.

Mặt trái của việc cấm rẽ phải là nó chuyển hướng các phương tiện tham gia giao thông qua các khu phố cận và rất có thể sẽ chuyển mỗi nguy hiểm sang những ngã đường khác. Một cách khác để giải quyết những va chạm từ việc rẽ phải là sử dụng làn dành riêng cho rẽ phải với hệ thống đèn riêng biệt. Giải pháp này đã được áp dụng thành công tại New York và Washington, DC, và cần được xem xét đến bối cảnh ý thức tuân thủ tín hiệu điều khiển của lái xe là tương đối tốt.



Hình 50 Khu vực dành riêng cho người đi bộ chật kín người ở lối ra của bến Calle 72 tại TransMilenio

7.2 ĐƯỜNG VÀO BẾN TRÊN CÁC TRỤC GIAO THÔNG ĐÔ THỊ

Để cải thiện an toàn ở các bến, chúng tôi khuyến nghị điều chỉnh thiết kế hướng tới hành vi của người đi bộ đã được quan sát. Cụ thể, các nhà thiết kế nên hạn chế các hành vi đi ẩu bằng việc thiết kế các bến kín và sử dụng các lan can để chỉ dẫn người đi bộ vào lối đi qua đường có đèn hiệu giao thông.

Tính năng an toàn quan trọng nhất mà chúng tôi khuyến nghị là các bến kín, bất kể hệ thống xe buýt sử dụng phương pháp thu vé trước hay sau khi lên xe. Bến chỉ nên có các lối vào nằm tại các lối đi qua đường có tín hiệu hay các cầu dành cho người đi bộ.

Một tính năng an toàn quan trọng khác cần có là lan can dọc theo vạch phân làn giữa xe buýt và làn xe hỗn hợp. Lan can này sẽ giúp ngăn các hành khách cố chạy qua làn xe buýt để vào và ra bến.

Một vấn đề quan trọng cần xem xét đối với tiếp cận bến là việc người đi bộ quá đông trên dải phân cách và trên các đảo nghỉ chân có thể xảy ra.

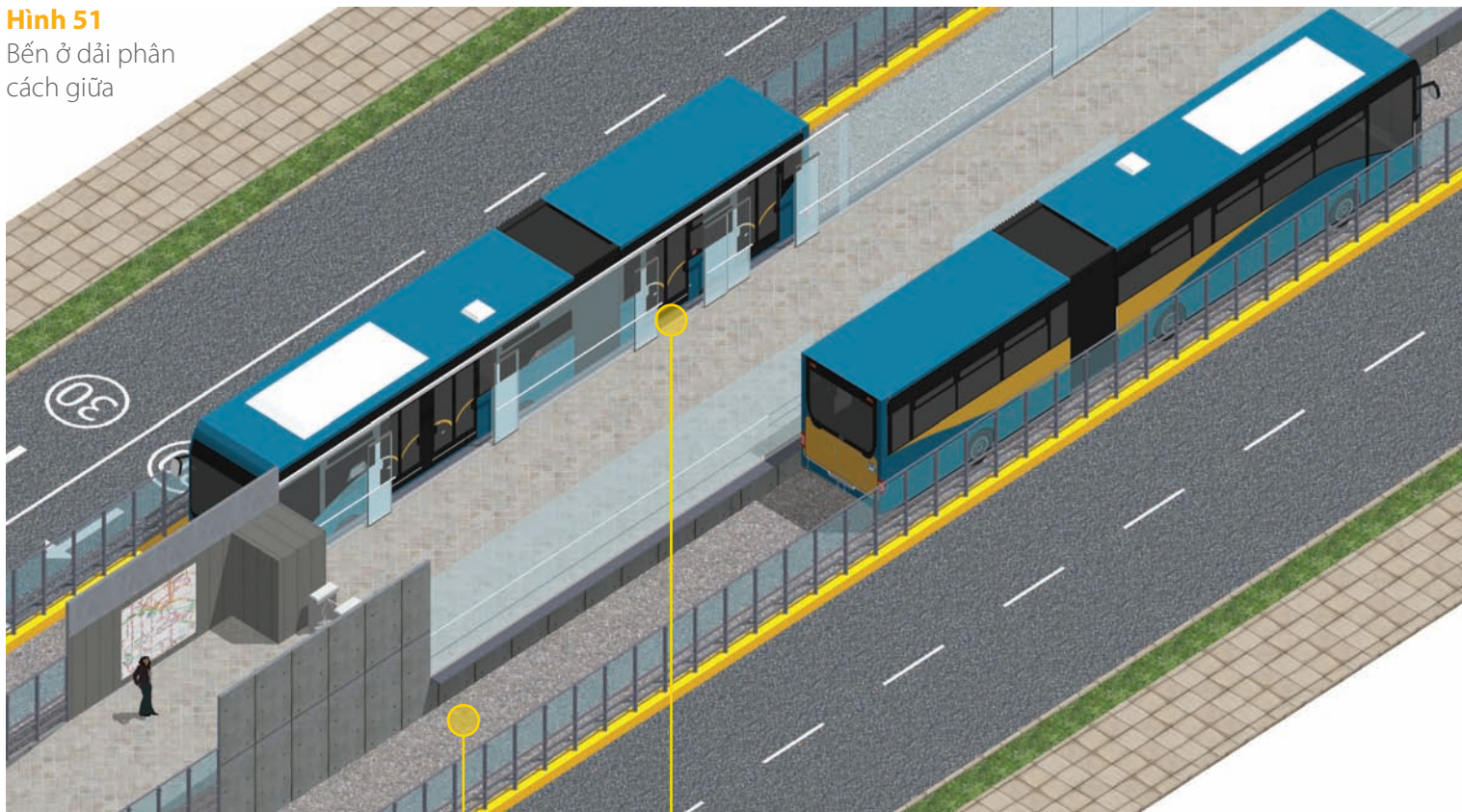
Bến điển hình tại hệ thống BRT một làn như Metrobús ở Thành phố Mexico hàng ngày thường có khoảng từ 2.000 đến 12.000 hành khách ra khỏi bến. Các phát hiện từ một đợt kiểm tra an toàn đường bộ tại tuyến BRT được đề xuất ở Rio de Janeiro chỉ ra rằng một vài bến đông người có thể có 100 hành khách ra khỏi bến trong một nhịp tín hiệu vào giờ cao điểm.



Hình 48 Người đi bộ chạy ngang qua trên làn đường xe buýt để cố gắng vào bến mà không phải trả tiền vé, tại TransMilenio

Trong những trường hợp này, lối tiếp cận đến bến cần được nghiên cứu kết hợp với tín hiệu giao thông để đảm bảo rằng người đi bộ với số lượng lớn không bị kẹt lại ở dải phân cách hẹp không đủ chỗ đứng cho họ. Một giải pháp đơn giản là đảm bảo rằng người đi bộ luôn có thể từ sân bến đi qua vỉa hè bên kia đường trong một nhịp tín hiệu. Nhiều vấn đề mà chúng tôi xác định qua các đợt kiểm tra là từ các pha tín hiệu phức hợp cho người đi bộ thường làm cho số lượng lớn người đi bộ bị kẹt lại tại dải phân cách giữa chật hẹp.

Hình 51
Bến ở dải phân
cách giữa



Cấu phần an toàn chủ yếu khi thiết kế bến là đặt một hàng rào hoặc lan can giữa làn xe buýt và các làn đường giao thông khác. Điều này sẽ giúp ngăn chặn việc các hành khách cố đi qua làn đường xe buýt để vào hay ra khỏi bến xe.

Cửa chập cho sàn bến tại giao diện giữa xe buýt và bến là một tính năng an toàn tốt cho các bến BRT. Các cánh cửa phải thẳng hàng với cửa xe buýt và được thiết kế chỉ mở ra khi một xe buýt đã dừng sát sàn bến. Cơ chế mở cửa cần được thiết kế cẩn trọng, tuy nhiên, để đảm bảo rằng chúng ta không thể bị vô tình mở ra do một xe buýt nhanh đi qua hoặc một xe đang dừng đón khách tại một sàn bến khác gần đó.



Hình 52 Người đi bộ đi qua đường ngay phía trước một bến không có hàng rào giữa làn xe buýt và làn đường giao thông hỗn hợp.



Hình 53 Cửa chắn tại một bến BRT ở Curitiba. Cửa được mở ra, ngay cả khi không có chiếc xe buýt nào xuất hiện. Đây là một rủi ro về an toàn tại một bến đông người, khi hành khách có thể ngã xuống làn đường xe buýt.

7.3 THIẾT KẾ BẾN XE BUÝT BUSWAY/BRT LÀN TRUNG TÂM

Các bến nằm trong dải phân cách cần được thiết kế kín - được bao quanh bởi các tường chắn hay các lan can cao để chỉ dẫn người đi bộ đến các lối vào cụ thể nằm ở các lối đi qua đường có đèn hiệu giao thông. Các bến cần tuân thủ các nguyên lý thiết kế cho dù hệ thống thu vé nào (trước hay sau khi lên xe) hay loại phương tiện nào được sử dụng.



Hình 54 TransMilenio 2006: Một lối đi giữa hai điểm dừng tại cùng một bến xe. Chú ý đến các lan can thấp, cao khoảng 1 mét. Bởi vì chúng rất thấp, nên mọi người có thể nhảy qua chúng một cách dễ dàng, và điều này là một rủi ro lớn về an toàn cho người đi bộ.



Hình 55 TransMilenio 2011: Lan can dọc theo con đường đã được nâng lên khiến mọi người thấy khó khăn hơn khi trèo qua. Chúng tôi khuyến nghị sử dụng loại lan can cao hơn cho các lối đi nối các khu vực khác nhau của cùng một bến.

Sử dụng các lan can cao giữa làn xe buýt và các làn giao thông hỗn hợp.

Đây là nhân tố quan trọng nhất để đảm bảo an toàn khi thiết kế bến, góp phần giảm thiểu các hành vi điẩu nguy hiểm của những người đi bộ: đi qua trái phép các làn xe buýt để ra vào bến.

Các lan can có chiều cao tối thiểu 1,7 mét hay hơn mà không có chỗ để chân để đảm bảo người đi bộ không thể trèo qua lan can một cách dễ dàng. Ngoài ra, phải có khả năng chống chịu tốt bởi vì các lan can thường bị hỏng khi có người trèo qua. Lan can phải trải dài hết toàn bộ chiều dài của bến, và không có khoảng trống nào.

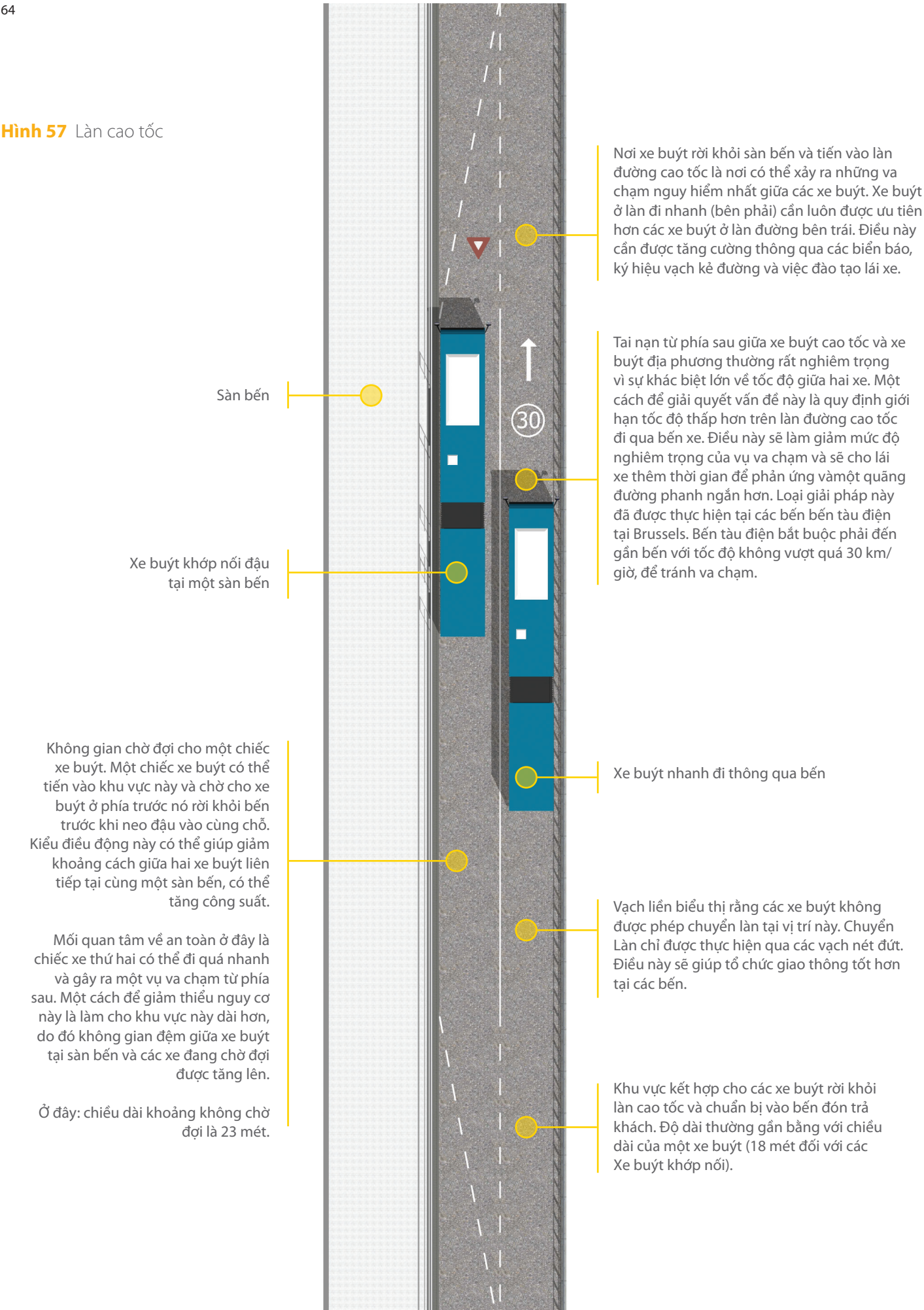
Sử dụng các vách chắn sàn bến

Vách chắn sàn bến có thể giúp ngăn việc điẩu và đảm bảo rằng hành khách đợi xe trên bến tránh xa các xe buýt đang hoạt động ở các làn xe. Nhưng các cửa chắn sẽ đặt ra vài vấn đề. Ngoài việc mở cửa vô tình còn là vấn đề hành khách cố tình mở cửa. Đôi khi đây là việc làm cố gắng để vào hoặc ra khỏi bến trái phép và chạy ngang qua các làn xe buýt. Ở những trường hợp khác đã được quan sát, hành khách chỉ đơn giản là thích giữ cửa không cho nó đóng lại trong khi chờ xe.



Hình 56 Hành khách giữ cửa mở tại bến TransMilenio

Hình 57 Làn cao tốc



7.4 THIẾT KẾ BẾN: CÁC LÀN CAO TỐC

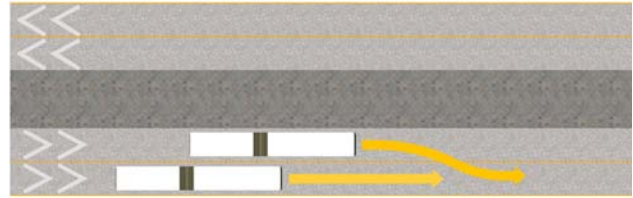
Đối với các bến có mật độ hành khách cao với các làn cao tốc và có nhiều chỗ đón trả khách, cần phải xem xét thêm về các rủi ro về an toàn. Nguy hiểm nhất đó là rủi ro va chạm giữa các làn cao tốc và làn địa phương, trường hợp này rất nghiêm trọng và thậm chí dẫn đến tử vong.

Khi các hệ thống xe buýt cần đạt mức công suất tải tối đa 30.000 hay thậm chí là 40.000 hành khách mỗi giờ mỗi chiều, điều này thường được thực hiện thông qua việc kết hợp nhiều làn, nhiều điểm đỗ tại các bến, và tổ hợp các dịch vụ cao tốc và địa phương. Điều này cũng dẫn đến mật độ cao hơn rất nhiều tại hệ thống giao thông xe buýt. Ví dụ tại đoạn đông nhất của TransMilenio, có 350 xe buýt trong một giờ theo mỗi chiều, theo số liệu của TransMilenio. với 350 xe buýt được huy động mỗi giờ mỗi chiều. Điều này có nghĩa là density giữa các xe buýt thường xuyên xảy ra và rủi ro va chạm giữa các loại xe buýt khác nhau là rất cao.

Va chạm ở đuôi xe là loại va chạm phổ biến nhất giữa các loại xe buýt trên hệ thống TransMilenio và cả Metropolitan BRT ở Lima, với sơ đồ bố trí giống nhau. Hầu hết các vụ va chạm đuôi xe cách xa các bến, tuy nhiên, các vụ va chạm xảy ra ở bến thường có mức độ nghiêm trọng hơn, bởi vì đó là va chạm giữa xe buýt nhanh với xe buýt địa phương xuất bến. Ba vụ va chạm đuôi xe nghiêm trọng nhất tại các bến của TransMilenio từ 2005 đến 2011 có tổng số thương vong tới hơn 170 người.

Loại va chạm phổ biến khác nữa ở các bến đó là va chạm giữa các xe buýt vào và xuất bến. Các vụ va chạm này ít khi gây thiệt hại về người mà chủ yếu làm hỏng các gương chiếu hậu bên sườn xe của xe buýt.

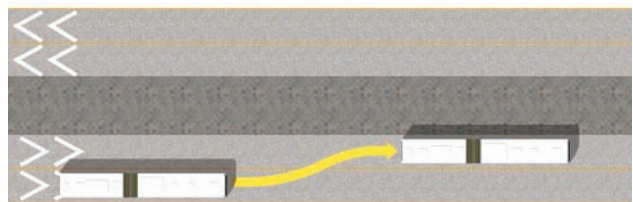
Hình 58



Tình huống va chạm nghiêm trọng tại một bến TransMilenio điển hình: một chiếc xe buýt địa phương đang rời khỏi sàn bến và nhập vào làn đường cao tốc khi nó bị đâm vào từ phía sau bởi một chiếc xe buýt nhanh đi ngang qua bến. Kiểu va chạm này đã dẫn đến chấn thương nghiêm trọng và có ít nhất một người tử vong.



Tình huống va chạm với mức độ nghiêm trọng thấp tại một bến TransMilenio điển hình: một chiếc xe buýt địa phương rời sàn bến đâm vào một chiếc xe buýt đang cập bến tại sàn bến khác. Các vụ va chạm này thường xảy ra ở tốc độ thấp, vì vậy hiếm khi dẫn đến thương tích.

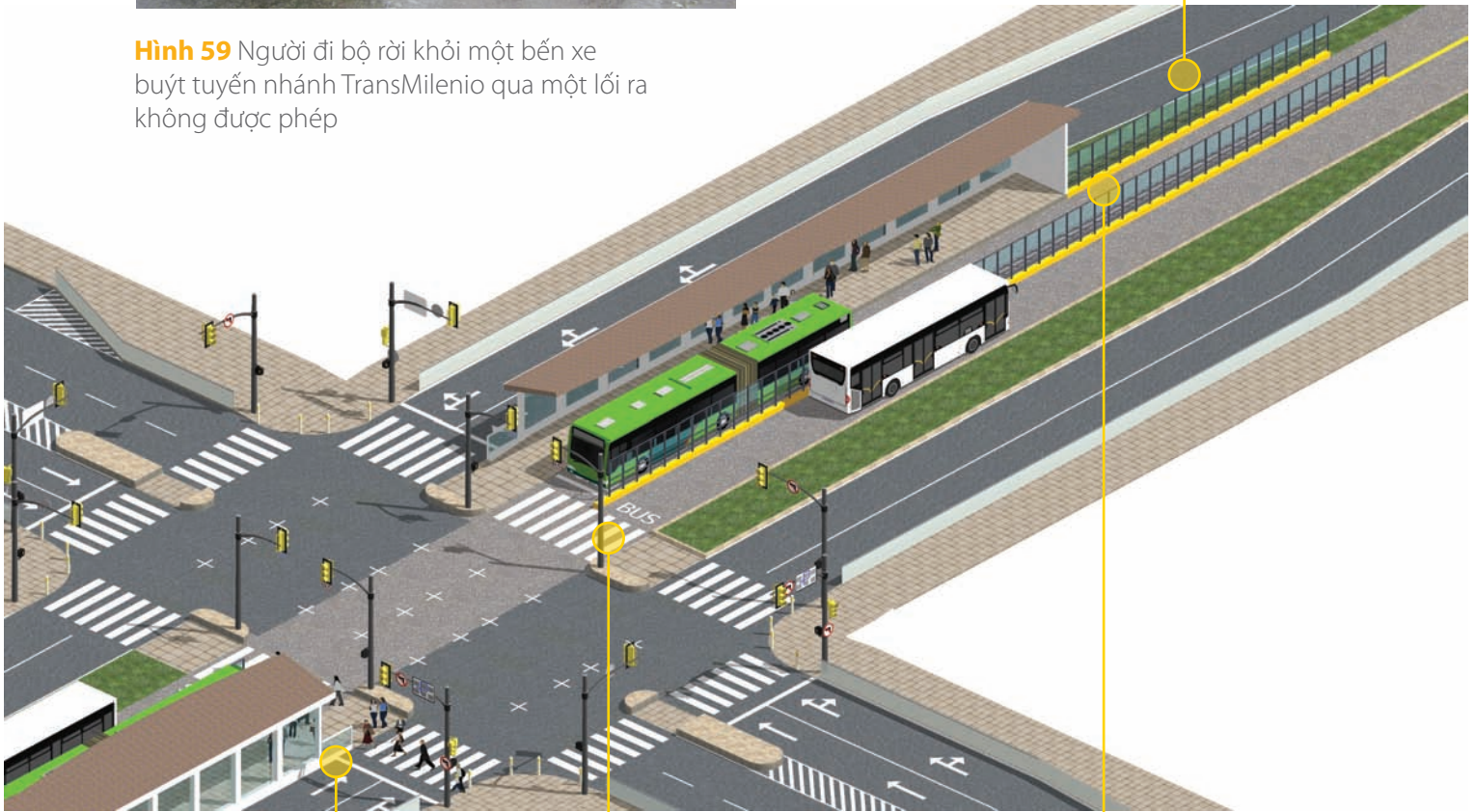


Trường hợp va chạm tại các bến BRT tại TransMilenio cũng như Metropolitan (Lima). Một chiếc xe buýt neo đậu tại bến bị tông vào từ phía sau bởi một xe buýt xếp hàng đằng sau. Đó thường là vụ va chạm ở tốc độ thấp và do đó không nghiêm trọng như các vụ va chạm từ phía sau trên làn đường cao tốc.



Hình 59 Người đi bộ rời khỏi một bến xe buýt tuyến nhánh TransMilenio qua một lối ra không được phép

Bố trí một lan can ở đây có thể giúp ngăn chặn việc người đi bộ liều lĩnh đi qua làn đường giao thông hỗn hợp để sang vỉa hè. Tại Porto Alegre, một số bến xe buýt busway được trang bị loại lan can này, dài tới 10m từ cuối sà lan bến, nhưng người đi bộ vẫn vẫn qua đường ở giữa phố. Lan can phải dài hơn 10 mét mới có hiệu quả.



Hình 60 Lối vào Bến xe

Chúng tôi khuyến nghị sử dụng một bức tường liên tục, tốt nhất là trong suốt, dọc theo các cạnh của bến xe. Điều này sẽ hướng người đi bộ đi vào và rời khỏi bến xe đến lối qua đường có trang bị đèn tín hiệu và sẽ cho phép họ nhìn thấy bất kỳ phương tiện nào trong làn giao thông hỗn hợp.

Hình ảnh cho thấy sự sắp xếp so le sà lan bến ở hai bên điểm giao cắt. Việc có một bến xe gần nút giao cắt cho phép nhiều người đi bộ hơn từ các vùng lân cận để tiếp cận bến xe một cách an toàn bằng cách sử dụng lối qua đường. Việc sử dụng lan can và các bức tường có thể hướng hành khách đến lối qua đường và hạn chế việc đi ẩu. Bố trí sà lan bến trước nút giao cắt trên cả hai phía cũng cho phép xe buýt xếp hàng tại bến xe hoặc khi đèn đỏ mà không làm tắc nghẽn nút giao cắt.

Lan can giữa hai làn xe buýt ngăn người đi bộ đi tắt qua làn xe buýt từ sà lan bến đến vỉa hè đối diện và hướng họ đến lối sang đường có đèn hiệu.

7.5 ĐƯỜNG VÀO VÀ THIẾT KẾ BẾN

Các tuyến xe buýt busway thường có bến mở, sàn bến thấp và tính năng thu vé trên xe. Điều này có nghĩa rằng lối vào bến của người đi bộ kém điều tiết và có tỉ lệ đi bộ qua đường ầu cao. Nghiên cứu được thực hiện tại Porto Alegre, Brazil đã chỉ ra rằng các bến xe buýt busway có tỉ lệ va chạm với người đi bộ cao hơn các khu vực khác, sau khi đã xem xét sự khác nhau về thiết kế đường phố, giao thông và mật độ người đi bộ (Diogenes và Lindau 2010). Giải pháp là phải thiết kế các bến làm sao để kiểm soát tốt hơn việc tiếp cận của người đi bộ.

Kiểm soát tốt hơn việc tiếp cận của người đi bộ bằng cách sử dụng các tường ngăn và/hoặc các lan can. Điều quan trọng là phải xem xét tất cả các tình huống di chuyển có thể của người đi bộ khi ra vào bến và chỉ cho phép họ đi vào các lối sang đường có trang bị tín hiệu hay các cầu vượt bộ hành.

Vấn đề quan trọng khác cần xem xét đó là tình trạng tắc nghẽn từ bến đến điểm giao cắt. Nếu một xe buýt đã hoàn thành việc đón khách và phải đợi khi có tín hiệu đèn đỏ, xe này có thể cản trở các xe buýt khác ở phía sau trong việc đi vào sàn bến. Điều này có thể được giải quyết bằng cách cấp đủ không gian cho xe buýt khi đợi tín hiệu đèn đỏ trong khi xe buýt khác ở phía sau vẫn có thể đi vào bến để thực hiện nhiệm vụ. Ngoài ra, cần phải đảm bảo tỉ lệ giữa độ dài pha tín hiệu đèn đỏ và thời gian dừng trung bình ở bến càng thấp càng tốt. Một chu kỳ tín hiệu ngắn hơn có thể giúp đạt được điều này.



Hình 61 Người đi bộ đi ầu từ một bến trên tuyến BRT ở Delhi



Hình 62 Người đi bộ đi ầu qua làn đường buýt để đến sàn bến trên tuyến BRT ở Delhi

Đặt bến xe của một tuyến xe buýt bên lề sau nút giao thay bằng đặt phía trước nó có thể giúp loại bỏ các xung đột giữa các xe buýt và các phương tiện cơ giới rẽ phải. Nó cũng có thể loại bỏ vấn đề khi các xe buýt đợi đèn đỏ sẽ có thể làm nghẽn bến.

Cần phải có khoảng cách đủ lớn giữa bến xe và nút giao cắt để đáp ứng được số lượng xe buýt có thể xếp hàng tại bến mà không làm nghẽn nút giao.



Hình 64 Bến xe buýt sát lề

7.6 CÁC BẾN XE BUÝT BUSWAY/ BRT BÊN LỀ ĐƯỜNG

Người đi bộ có thể qua đường ở giữa phố để vào bến - đặc biệt khi họ thấy xe buýt đang đến khi khoảng cách tương đối xa. Rủi ro này có thể được giảm thiểu bằng cách lắp rào chắn hay các lan can dọc các bến, và chiều dài tối thiểu 10 đến 12 mét ra vượt ra khỏi phần sàn bến. Cách làm này giúp hạn chế các hành vi đi ẩu và chỉ dẫn người đi bộ đến lối sang đường có đèn hiệu giao thông ở nút giao cắt.



Hình 63 Một xe buýt đang hoạt động tại một điểm dừng tại một ga của tuyến buýt đi bên lề ở Transantiago, Santiago de Chile.

Nguy cơ va chạm cho người đi bộ trên đường xe buýt ưu tiên hoặc làn xe buýt thông thường là cao trong trường hợp không cải thiện các tính năng an toàn. Chúng tôi khuyến nghị sử dụng dải phân cách có lan can dọc theo để ngăn chặn đi ẩu qua đường. Chúng tôi cũng khuyến nên bố trí cho người đi bộ các đảo trú chân ở giữa đường phố.



Hình 65 Làn xe buýt ưu tiên và xe buýt thông thường

7.7 BẾN: LÀN ƯU TIÊN XE BUÝT HAY HỆ THỐNG GIAO THÔNG HỖN HỢP

Trong trường hợp có các làn ưu tiên xe buýt hay hệ thống xe buýt thông thường, để cải thiện tình trạng an toàn thì phải chú trọng đến thiết kế các đường phố chung và các nút giao chứ không chỉ chú trọng đến bến. Mục đích cũng giống như các bến khác: Phòng ngừa hành vi đi ẩu khi ra vào bến và chỉ dẫn người đi bộ đến các nút giao có đèn hiệu giao thông. Có thể giải quyết bằng cách lắp lan can ở dải phân cách và trải dài hết chiều dài của khối chắn ở khu

vực bến. Ngoài ra, chúng tôi khuyến cáo giải quyết các vấn đề an toàn được xác định trong các phần trước (phân đoạn đường phố và nút giao cắt) trong đó chú trọng vào hành vi đi ẩu. Do có rủi ro cao cho người đi bộ trên các tuyến xe buýt thông thường, cần phải đặc biệt chú trọng vào vấn đề cải thiện sự an toàn cho người đi bộ dọc theo tuyến này.



Hình 66 Trạm Mecidiyeköy trên Metrobus BRT ở Istanbul

NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG

VẬN HÀNH BRT TRÊN ĐƯỜNG CAO TỐC: METROBÜS ISTANBUL

TỔNG QUAN VỀ METROBÜS ISTANBUL

Istanbul's Metrobüs bắt đầu đi vào hoạt động năm 2007. Vào năm 2014, hệ thống đã vận chuyển được 800.000 lượt khách mỗi ngày với chiều dài 52km tuyến kết nối với khu vực Châu Á và Châu Âu của Istanbul và là một trong những tuyến kết nối vận tải hành khách đông tây của thành phố. Tuyến BRT chạy dọc theo đường cao tốc và là tuyến giao thông phân chia mức hoàn toàn, để cho phép các phương tiện cao tốc hơn lưu thông mà không cần có các điểm giao cắt cùng mức hay các lối sang đường.

Bằng việc sử dụng các làn bên dài (thường có chiều dài từ 120 đến 170 mét) và bằng việc vận

hành các xe buýt theo đoàn (Hình 66), Metrobüs có thể đạt được khoảng thời gian giữa hai chuyến cao điểm gần 20 giây và có khả năng vận tải 20.000 hành khách mỗi giờ mỗi chiều (pphpd) ở các bến, cao hơn rất nhiều các hệ thống BRT một làn khác, mà không có nguy cơ vượt xe. Do hệ thống chạy trên đường cao tốc nên Metrobüs có làn dành riêng mà không có các đèn hiệu giao thông hay các nút giao cắt dọc tuyến này. Vì thế, tốc độ trung bình trên tuyến Metrobüs cao hơn tất cả các tuyến BRT khác được đề cập trong nghiên cứu này và tương đương với hệ thống đường sắt hạng nặng (Bảng 13). Ngoài ra, hệ thống còn có đặc tính khác như được chỉ ra

Bảng 13 Tốc độ trung bình tiêu biểu theo phương thức và kiểu vận hành

Các loại phương thức trung chuyển	Tốc độ trung bình (km/giờ)	Nguồn
Xe buýt tiêu chuẩn	thay đổi theo điều kiện giao thông	
BRT trên trục đường đô thị và không có dịch vụ đi nhanh (ví dụ như Metrobus ở Thành phố Mexico)	20 – 28	Metrobús 2010
BRT trên tuyến đường ngoại thành với dịch vụ xe buýt nhanh là chủ yếu (ví dụ như Transoeste, Rio de Janeiro)	28 – 35	Rio Onibus 2012
BRT trên đường cao tốc (ví dụ Metrobus Istanbul)	40 +	IETT, Istanbul
Đường sắt nhẹ	18 – 40	Vuchic 2007
Đường sắt nhanh (Xe điện ngầm, tàu điện ngầm)	20 – 60	Vuchic 2007
Đường sắt khu vực (ví dụ Tren Suburbano, Thành phố Mexico)	30 – 75	Vuchic 2007

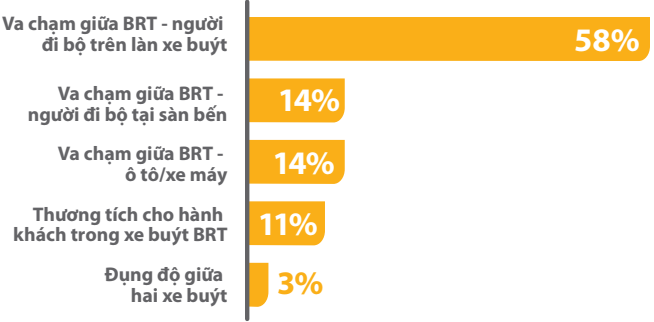
trong Hình 66, các (ví dụ, hệ thống giao thông hỗn hợp ở Thổ Nhĩ Kỳ chạy ở bên phải đường và hệ tuyến Metrobús, các phương tiện chạy ở bên trái).

Trong trường hợp này, làn ngược chiều cùng với các làn bên thấp ở các bến, tạo sự linh hoạt cho việc vận hành IETT, bởi vì các xe buýt làn thấp, và cửa bên phải giống nhau có thể được sử dụng cả trên tuyến BRT và trên các tuyến thông thường chạy qua thành phố. Trong khi làn ngược chiều có thể gây nguy hiểm trên các trục giao thông đô thị chính, nhưng khi hoạt động trên đường cao tốc, nó lại không gây nguy hiểm. Về phần này, dải lề đường của hệ thống BRT được cô lập hoàn toàn (ví dụ, các xe buýt không bao giờ chạy qua các làn cho người đi bộ hay hệ thống giao thông hỗn hợp), như trên hệ thống Metrobús, nên tránh được các vấn đề liên quan đến các làn ngược chiều. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng ngay cả khi các làn (BRT, giao thông hỗn hợp, làn cho người đi bộ) cô lập với nhau về mặt lý thuyết trong các thiết kế đường, nhưng vẫn có các trường hợp các phương tiện hay những người đi bộ không được phép vẫn đi vào các làn xe buýt, do đó luồng ngược chiều có thể làm tăng khả năng này và gây ra các vụ va chạm nghiêm trọng. Phần này sẽ được thảo luận kỹ trong phần sau.

CÁC LOẠI VA CHẠM PHỔ BIẾN

Mặc dù chạy với tốc độ cao hơn rất nhiều so với hệ thống BRT điển hình trên các trục giao thông đô thị chính, không có đựng độ xảy ra có nghĩa rằng hệ thống BRT chạy trên đường cao tốc có độ an toàn tốt hơn rất nhiều so với hệ thống BRT chạy trên các trục giao thông chính.

Ở Hình 67 chỉ ra các vụ va chạm giữa xe buýt và người đi bộ là loại va chạm phổ biến nhất liên quan đến các phương tiện BRT chạy trên đường cao tốc. Trường hợp này, có hai tình huống va chạm. Tình huống phổ biến đó là những người đi bộ chạy qua đường cao tốc (Cố gắng



Hình 67 Các loại hình va chạm gây thương tích phổ biến nhất liên quan đến xe BRT hoạt động trên một đường cao tốc. *Nguồn: Phân tích của EMBARQ, dựa trên dữ liệu được cung cấp bởi IETT*

đi qua phố hay đi tắt sang sàh bến) và bị xe buýt tông vào trong làn xe buýt. Tình huống khác đó là những người đi bộ đi bộ trong các làn xe buýt (thường để tránh sự tắc nghẽn ở sàh bến) và bị xe buýt tông phải.

Va chạm giữa xe buýt và người đi đường tại các sàh bến sẽ là tình huống tiếp theo sau hai tình huống này, cũng như các hành khách va phải gương ngoài hay các cửa xe buýt khi mở.

Cuối cùng, các vụ va chạm giữa các phương tiện BRT và xe ô tô hay xe máy, dẫn đến các phương tiện đâm vào các rào chắn và vào làn xe buýt. Ở đây, cần lưu ý rằng do cấu trúc của làn ngược chiều trên hệ thống như hệ thống Metrobús, bất kỳ vụ va chạm nào giữa xe buýt và phương tiện đi vào làn xe buýt từ các làn giao thông hỗn hợp sẽ là một va chạm trực diện ở tốc độ cao, có thể hết sức nghiêm trọng hoặc xảy ra tử vong.

CÁC ĐỀ XUẤT THIẾT KẾ CHO CÁC HỆ THỐNG BRT CHẠY TRÊN ĐƯỜNG CAO TỐC.

Lan can và hàng rào an toàn

Hầu hết các loại va chạm ở trên có thể được giải quyết bằng cách sử dụng kết hợp các lan can và các hàng rào an toàn. Trong các trường hợp này, cần sử dụng các rào chắn kép (Hình 68) bởi vì giao thông diễn ra ở cả hai bên của rào chắn, và cần có khả năng giảm tác động ở cả hai bên. Các rào chắn an toàn đặc biệt cần thiết khi hệ thống BRT chạy ở làn ngược chiều như được mô tả trong các phần trước. Lan can có tác dụng ngăn người đi bộ không đi qua đường cao tốc. Các hàng rào an toàn và lan can phải được thiết kế theo các tiêu chuẩn địa phương hay quốc gia và các hướng dẫn về sử dụng không gian đủ để giảm chấn ở các cấp tốc độ được phép trên tuyến.



Hình 68 Biện pháp thiết kế minh họa sự kết hợp rào chắn kép và một lan can cao, được khuyến cáo sử dụng cho các BRT chạy trên đường cao tốc.



Hình 69 Bên trái: Một lối vào bến xe bị tắc nghẽn trong giờ cao điểm vào buổi tối tại Cevizlibağ, trong một phần cũ của tuyến Metrobus; bên phải: một lối vào bến được cải thiện với cửa quay trên một quảng trường cho người đi bộ bên trên tuyến.

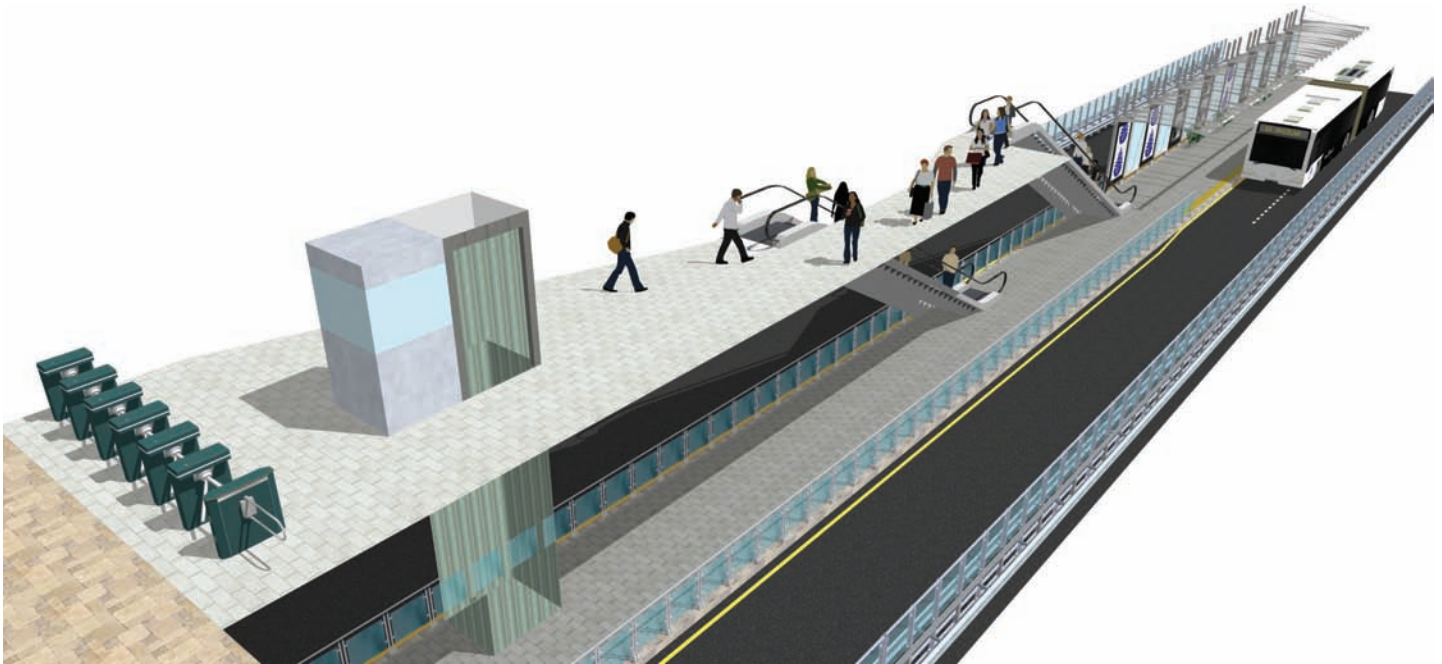
Các lối vào bến xe

Thiết kế các lối vào bến xe là một phần thiết kế quan trọng khác của BRT chạy trên đường cao tốc. Vấn đề thường gặp ở đây là sự tắc nghẽn, có thể làm cho một vài hành khách đi vào các làn xe buýt để tránh tắc đường, đây là một yếu tố góp phần dẫn đến các vụ va chạm giữa xe buýt - người đi bộ (như ảnh bên trái trong Hình 69).

Khi hệ thống vận tải hành khách được đặt ở giữa đường cao tốc, cần phải xem xét một số hạn chế quan trọng về không gian. Với trường hợp Metrobüs tại Istanbul, lộ giới của tuyến vận chuyển hành khách bị hạn chế trong hai làn xe buýt và chiều rộng của dải phân cách trung tâm, chỗ để đặt sàn bến xe. Thông thường, hay sử dụng cầu vượt

cho người đi bộ để vào bến. Các thiết kế bến bố trí lối vào và cửa quay ở cuối cầu thang nối với cầu có công suất hạn chế do chiều rộng của dải phân cách ở giữa. Loại thiết kế này chỉ có bốn cửa quay ở cửa vào bến, trong đó giới hạn khoảng 5.300 hành khách trên giờ.⁵

Người đi xe buýt Metrobüs trên hệ thống Metrobüs đã tăng trên 450% từ năm 2008 đến giữa năm 2011, và theo số liệu gần đây, con số này có xu hướng tiếp tục tăng đến năm 2013. Sự tăng đáng chú ý này đã làm cho cấu trúc ban đầu của các bến không thể đáp ứng được nhu cầu ngày càng tăng này. Ví dụ, ở Cevizlibağ trong năm 2012, (Hình 69, ảnh bên trái) có khoảng 6.300 hành khách vào bến trong giờ cao điểm vào buổi tối, tăng hơn 20% so với công suất chứa của bến.



Hình 70 Thiết kế ý tưởng nhằm mục đích tăng sức chứa hành khách và giảm tình trạng quá tải tại một bến BRT trên dải phân cách của một đường cao tốc (lưu ý rằng đây là một thiết kế ý tưởng về lối vào cho hành khách và không thể hiện tất cả các hàng lan can được khuyến nghị)

Để giải quyết vấn đề này, IETT đã cân nhắc các lối vào bến, chuyển các cửa quay lên các cầu vượt được nối với bến cho người đi bộ, để tạo nhiều không gian hơn bổ sung thêm các cửa quay (hình 69, ảnh bên phải). Ở đây, chúng tôi sẽ bàn về một số lựa chọn để giải quyết vấn đề tắc nghẽn giao thông ở các lối vào bến và được minh họa ở Hình 70.

Một số tính năng chính của biện pháp thiết kế trong Hình 70 gồm:

- Mở rộng các bến trên cả hai mặt của cầu vượt cho

người đi bộ và sử dụng một mặt của bến cho mỗi hướng đi (ví dụ, xe buýt đi hướng tây sẽ dừng lại ở một bên cầu và các xe buýt hướng đông ở phía đối diện)

- Di chuyển các cửa quay về phía cầu vượt điều này cho phép đặt nhiều cửa quay hơn, vì chiều rộng của các lối ra vào các bến không còn bị hạn chế bởi chiều rộng của dải phân cách
- Sử dụng vị trí thang cuốn để tách hai hướng đi của dòng hành khách bên trong bến để tránh tình trạng trà trộn giữa các dòng người đi ngược hướng



Bến trung chuyển Indios Verdes, thành phố Mexico nhìn từ trên không

CHƯƠNG 9

ĐỀ XUẤT VỀ CÁC BẾN TRUNG CHUYỂN CHÍNH

9.1 CÁC VẤN ĐỀ CHÍNH VỀ AN TOÀN

Trên hầu hết các hệ thống giao thông công cộng trong nghiên cứu của chúng tôi, các bến trung chuyển chính là các vị trí có số lượng va chạm cao nhất. Trong số 10 địa điểm có số lượng va chạm cao nhất trên Avenida Caracas, trên TransMilenio, ba trong số đó bao gồm vị trí đầu tiên là các bến cuối và các bến trung chuyển chính (Avenida Jimenez, Portal de Usme, và Santa Lucia). Ở phía Nam Curitiba, ba địa điểm có số lượng va chạm nhiều nhất đều là các bến cuối (Pinheirinho, Raso, và Portão).

Điều này không hoàn toàn có nghĩa là các bến trung chuyển và bến cuối là nơi nguy hiểm hơn, nhưng cũng cho thấy rằng xe và người đi bộ lưu thông tại đây nhiều hơn các địa điểm khác. Kết quả là, bất kỳ vấn đề an toàn nào tại một bến

trung chuyển chính đều có thể dẫn đến một số lượng lớn các va chạm và thương tích hơn tại bất kỳ vị trí nào khác.

Đối với bất kỳ kiểu trung chuyển nào, vấn đề an toàn chính cần được xem xét là an toàn cho người đi bộ. Dữ liệu của chúng tôi đã chỉ ra rằng hành khách an toàn hơn khi họ đang ở trên xe buýt hay trên sàn bến hơn khi họ đang đi bộ đến và đi từ bến. Kiểu trung chuyển an toàn nhất giữa hai tuyến đường chính là tại vị trí mà các hành khách không bao giờ phải rời khỏi sàn bến.

Điều này không phải là luôn khả thi, và nó phụ thuộc vào loại xe và bến được sử dụng bởi các tuyến đường giao thông công cộng khác nhau, cũng như phụ thuộc vào bối cảnh đô thị. Các Bến



Hình 71 Ảnh trên không của Indios Verdes, thành phố Mexico, một điểm trung chuyển giữa các Metrobus BRT, xe điện ngầm và các xe buýt nhỏ nối liền từ phía Bắc đến Estado de Mexico.

cuối là nơi mọi chuyển tuyến hoàn thành, nhiều sàl bển xe là giải pháp lý tưởng, nhưng chúng sẽ mất rất nhiều không gian. Chúng thường có thể được xây dựng ở cuối tuyến đường, vùng ven thành phố. Một ví dụ cho điều này là Transmilenio, với các bển cuối tích hợp ở cuối mỗi tuyến chính. Xe chạy tuyến chính và tuyến nhánh gặp nhau ở các bển này. Ở các trường hợp khác, đặc biệt ở các khu vực thành phố đông đúc, không có đủ diện tích để xây dựng các bển cuối lớn, do đó việc trung chuyển thường được thực hiện ở các điểm giao cắt. Trong trường hợp này, phải đưa ra các giải pháp an toàn ở các điểm giao cắt, trong đó có xét đến mức độ cải thiện an toàn cho người đi bộ và các điểm rẽ cho xe buýt.



Loại hình chuyển tuyến an toàn nhất giữa hai tuyến đường chính là những nơi các hành khách không cần phải rời khỏi sàl bển

DANH MỤC CÁC GIẢI PHÁP THIẾT KẾ

Ở các trang sau, chúng tôi trình bày một số giải pháp thiết kế cho các bển trung chuyển và bển cuối để giải quyết những vấn đề chính về an toàn được thảo luận ở trên, theo từng kiểu chuyển tuyến. Chúng tôi bắt đầu với việc chuyển tuyến giữa các tuyến BRT hoặc các tuyến xe buýt trục chính, sau đó đến chuyển tuyến giữa xe trục chính và tuyến nhánh, cũng như chuyển tuyến giữa một tuyến BRT và hệ thống xe buýt địa phương. Liên quan đến khía cạnh an toàn, có hai cách để đánh giá tính hiệu quả có liên quan của các cách bố trí trung chuyển khác nhau. Đầu tiên là sự an toàn cho các hành khách chuyển tuyến. Trên quan điểm này thì các giải pháp tốt nhất là nhiều sàl bển trung chuyển hoặc các tuyến bus đi thẳng thực hiện được mọi kết nối các tuyến.

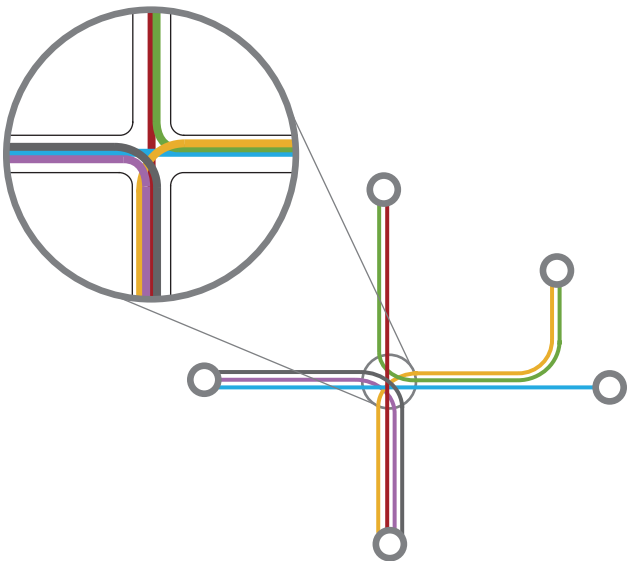
Khía cạnh cần xem xét thứ hai đó là mức độ an toàn chung của khu vực nơi diễn ra việc trung chuyển, không chỉ đối với hành khách chuyển tuyến mà đối với tất cả những người lưu thông trên đường. Từ quan điểm này, các đề xuất nhìn chung giống với các đề xuất được đưa ra đối với các nút giao cắt và các bển: khu vực bển đầu mối hẹp, hạn chế rẽ, các lối sang đường ngắn, và thiết kế đường vào các bển tốt để hạn chế các trường hợp đi ẩu.

9.2 CHUYỂN TUYẾN GIỮA CÁC TUYẾN XE TRỰC CHÍNH: CÁC TUYẾN TRỰC TIẾP QUA TẤT CẢ CÁC ĐIỂM ĐẾN

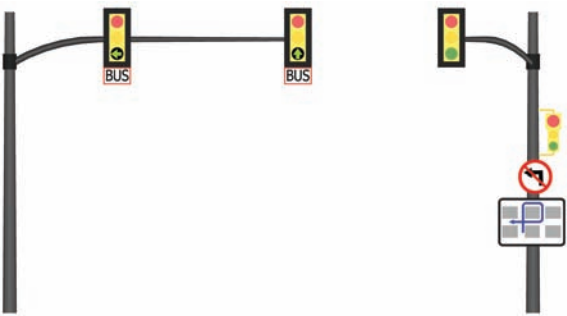
VÍ DỤ: TRANSMILENIO

Dưới kịch bản này, có các tuyến buýt khác nhau trên mỗi đường, và có một tuyến cho mỗi điểm đến có thể. Hành khách chỉ cần đơn giản là đợi xe sẽ đưa mình đến đúng điểm mong muốn, vì vậy việc chuyển tuyến thực tế là không có.

Đây là giải pháp an toàn nhất nhưng cũng là giải pháp vận hành phức tạp nhất. Thiết kế nút giao cần có các làn rẽ riêng biệt và có các pha tín hiệu bảo vệ cho các di chuyển khác nhau của xe buýt, để tránh chạm hoặc phải dừng cầu vượt hoặc hầm chui.



Việc cho phép xe buýt thực hiện tất cả các rẽ có thể ở một điểm giao cắt là khá khó khăn trong thực tế, vì điều này sẽ dẫn đến những sáu pha tín hiệu. Điều này có thể dẫn đến việc giảm khả năng lưu thông xe trên cả hai phố. Trong thực tế, thông thường chỉ có một vài rẽ xe buýt, tùy thuộc vào mô hình đi lại và nhu cầu, được cho phép. Trong hình dưới đây, ba ngã đến nút giao có thể rẽ vào ngã thứ 4, hoặc đi thẳng. Ở kiểu bố trí này, cần phải đặt đèn đa tín hiệu xe buýt để phục vụ từng di chuyển rẽ bằng một pha riêng.

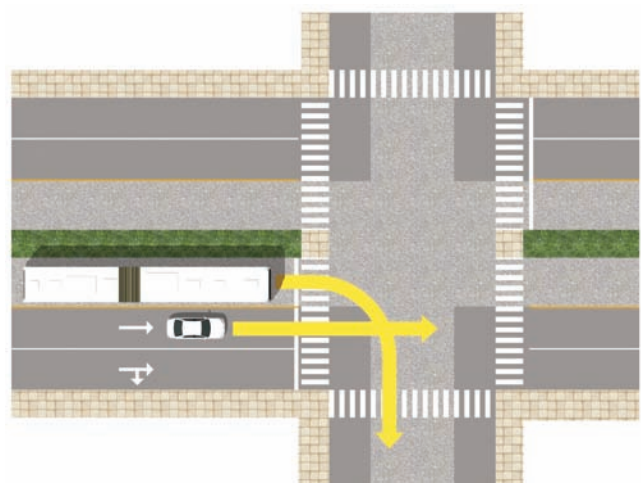


Hình 72 Chuyển tuyến giữa các tuyến xe trực chính

Đây là lựa chọn an toàn nhất đối với các hành khách chuyển tuyến, bởi thực tế không có việc chuyển tuyến, mà chỉ cần chọn đúng tuyến xe buýt để đến đích. Do cần có nhiều chiều rẽ xe buýt khác nhau nên giải pháp này có thể dẫn đến khu vực bến đầu mối lớn, và điều này gây vấn đề cho những người đi bộ. Có thể loại trừ rủi ro này bằng cách làm hẹp các bán kính rẽ có thể của xe buýt, và bổ sung thêm các đảo dừng chân ở giữa đường.

Kiểu trung chuyển này tạo ra tính linh hoạt cao trong việc tổ chức các tuyến xe buýt. Cung cấp cho hành khách một tuyến trực tiếp đi thẳng đến đích - hơn là bắt họ phải đi bộ đến bến khác để chuyển tuyến - có thể thu hút nhiều người đi xe hơn vào hệ thống BRT. Ở các trung tâm đông đúc nơi hai tuyến BRT cắt nhau có thể bị tắc nghẽn nghiêm trọng. Tuyến BRT nhiều làn có công suất lưu thông tối đa lên tới 43.000 pphpd (Hidalgo và Carrigan 2010). Ở trường hợp này, hai tuyến giao nhau ở nút giao, vì thế rất khó để đảm bảo công suất trên cả hai tuyến. Bởi vì hành trình của các xe buýt khác nhau sẽ có pha tín hiệu riêng, tỉ lệ g/C (tỉ lệ giữa độ dài pha đèn xanh và độ dài của chu kỳ tín hiệu) cho từng hành trình sẽ thấp.

Điều này có thể được giải quyết bằng cách ưu tiên một trong hai làn đường hay một trong các tuyến xe buýt, tăng khoảng thời gian đèn xanh lên cho hành trình đó và giảm thời gian cho các hành trình khác. Nếu cả hai tuyến có nhu cầu lưu thông cao, có thể sử dụng các cầu vượt hay hầm chui nối với các tuyến, như trường hợp của bến đầu mối giữa NQS, Avenida Suba, and Calle 80 on TransMilenio.



Hình 73 Sơ đồ minh họa cho một vụ va chạm có thể xảy ra giữa xe buýt rẽ phải và xe đang đi thẳng. Loại va chạm này đã được báo cáo tại TransMilenio.

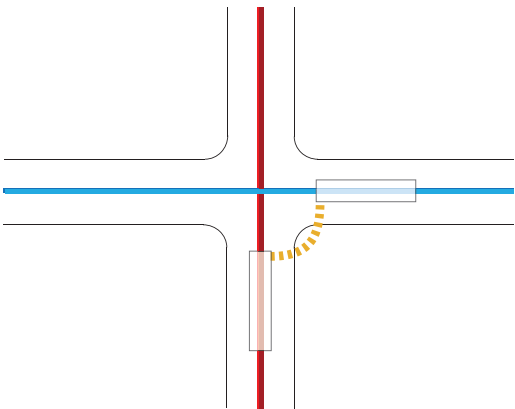


Hình 74 Lối giao nhau giữa ba tuyến TransMilenio: NQS, Calle 80, và Avenida Suba. Kết nối xe buýt giữa ba tuyến được thực hiện qua cầu vượt và hầm, tối đa hóa việc thực hiện các chuyển động và giảm thiểu những va chạm tiềm ẩn giữa xe buýt.

9.3 CHUYỂN TUYẾN GIỮA CÁC TUYẾN XE TRỰC CHÍNH: CHUYỂN TUYẾN QUA ĐIỂM GIAO CẮT

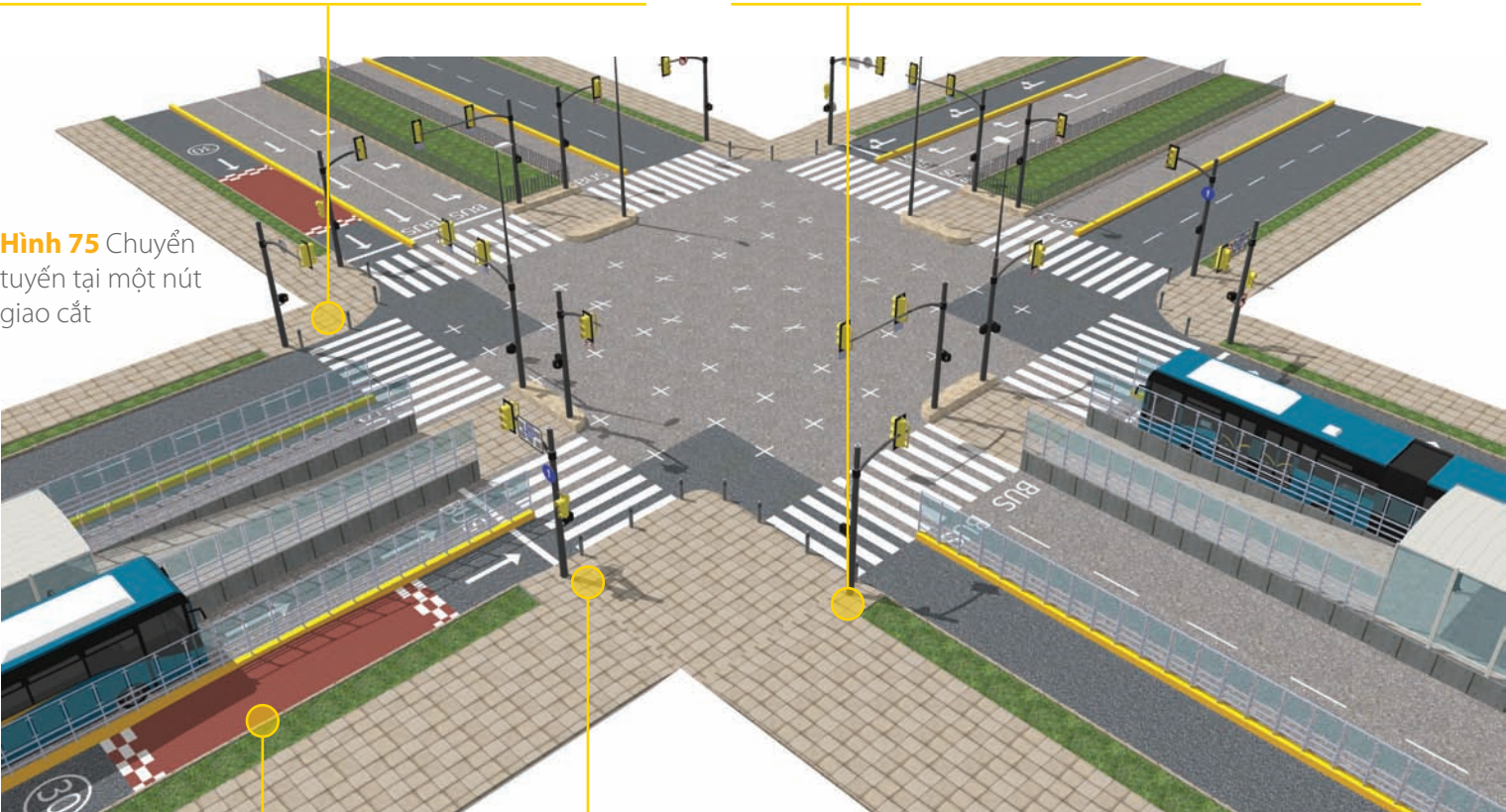
VÍ DỤ: HỆ THỐNG METROBÚS Ở THÀNH PHỐ MEXICO

Trong trường hợp này, chỉ có duy nhất một tuyến trên mỗi tuyến. Các hành khách di chuyển phải ra khỏi một trong các bến, đi qua đường và bắt tuyến khác ở một bến khác. Đây là một trong những phương pháp kém an toàn nhất bởi vì hành khách phải đi qua các làn giao thông để đến bến khác. Điều này cũng có thể ngăn cản hành khách sử dụng hệ thống bởi vì nó gây ra một số khó khăn trong việc di chuyển và họ có thể phải trả tiền vé để vào bến thứ hai. Có thể tránh được các vấn đề này bằng cách kết nối hai bến với nhau qua cầu vượt.



Cũng có thể sử dụng một kết hợp trung chuyển của các tuyến qua nút giao và rẽ. Đây là thiết kế trường hợp của bến Avenida Jimenez tại TransMilenio, nơi mà một vài chuyển tuyến được thực hiện bởi các hành khách đi bộ từ một bến sang bến khác qua hầm chui. Kiểu giải pháp này có thể làm giảm số các pha tín hiệu yêu cầu tại nút giao.

Số lượng người đi bộ rất lớn có thể xảy ra tại góc phố này của nút giao. Thêm vào giao thông đi bộ hiện có, hành khách vào một trong hai bến cũng như hành khách chuyển tuyến giữa hai bến sẽ đi qua đây. Chúng tôi khuyến nghị bỏ làn sát lề đường ở cả hai bên và mở rộng vỉa hè để có thêm nhiều không gian cho người đi bộ hơn. Đặt một quảng trường nhỏ hoặc một vườn hoa gần góc phố này có thể sẽ hoạt động tốt.



Hình 75 Chuyển tuyến tại một nút giao cắt

Chúng tôi khuyến nghị sử dụng gờ giảm tốc ít nhất là trên hai hướng tiếp cận qua con đường chuyển tuyến cho người đi bộ.

Nên cấm tất cả các hướng rẽ có giao với lối vào bến xe của người đi bộ. Biển "không rẽ" cần gắn kèm theo một biển báo có đường vòng rẽ trái thay thế. Đường vòng thay thế rẽ phải nên được bắt đầu trước nút giao cắt này và không cần đặt biển báo ở đây.

Đây là cách đơn giản nhất để có thể di chuyển giữa các tuyến nhưng nó lại làm cho quá trình di chuyển của hành khách ở mức rủi ro cao nhất. Có một vài cách để giảm thiểu rủi ro này.

Cải thiện mức độ an toàn cho người đi bộ ở các nút giao cắt.

Đây là giải pháp sẽ được chúng tôi minh họa ở đây. Một làn được bỏ đi cho một trong hai đường dẫn vào ngang qua lối đi của hành khách chuyển tuyến và sử dụng các gờ giảm tốc để giảm tốc độ lưu thông. Ngoài ra, chúng tôi cũng đề xuất cấm rẽ ở khu vực này bởi vì có thể gây ra các vụ va chạm với hành khách chuyển tuyến giữa hai bến. Nếu có mật độ hành khách chuyển tuyến cao, có thể sử dụng pha tín hiệu chỉ dành cho người đi bộ để cho phép hành khách qua đường giữa hai bến trong một pha tín hiệu.

Có thể sử dụng cầu vượt hay hầm chui cho người đi bộ được nối với hai bến.

Ngoài ra, có thể nối hai bến qua cầu vượt hay hầm chui dành cho người đi bộ. Điều này giúp đảm bảo các hành khách chuyển tuyến ít chịu rủi ro hơn và cũng đảm bảo an toàn trong quá trình lưu thông. Nếu các bến được nối với nhau, chúng vẫn có thể hoạt động như một bến độc lập, và không gây vấn đề gì cho các hành khách chuyển tuyến ra vào bến.

Phương pháp này được triển khai ở bến trung chuyển Avenida Jiménez trên hệ thống TransMilenio. Sử dụng

hầm chui mang lại rất nhiều lợi thế bởi vì nó sử dụng các đường dốc ngắn hơn. Khi xây dựng cầu vượt giữa các bến, cần đảm bảo đủ chiều cao để xe buýt và các xe tải cỡ lớn có thể đi qua. Chiều cao của cầu vượt được yêu cầu là 4,8 mét hoặc hơn.

Hầm chui chỉ cần có đủ chiều cao để hành khách có thể đi qua, và thường có chiều cao là 3 mét. Sự chênh lệch 1,8 mét sẽ chuyển thành các đường dốc ngắn hơn khoảng 18 mét, giả sử dốc là 10%. Việc lựa chọn cầu vượt và hầm chui còn phụ thuộc vào khoảng không gian có sẵn bên trong bến để làm các đường dốc và chi phí xây dựng cấu trúc ngầm khác với việc xây dựng cầu cho người đi bộ. Một vấn đề cũng cần phải xem xét trong quá trình thiết kế hầm chui đó là mức độ chiếu sáng và sự an toàn.

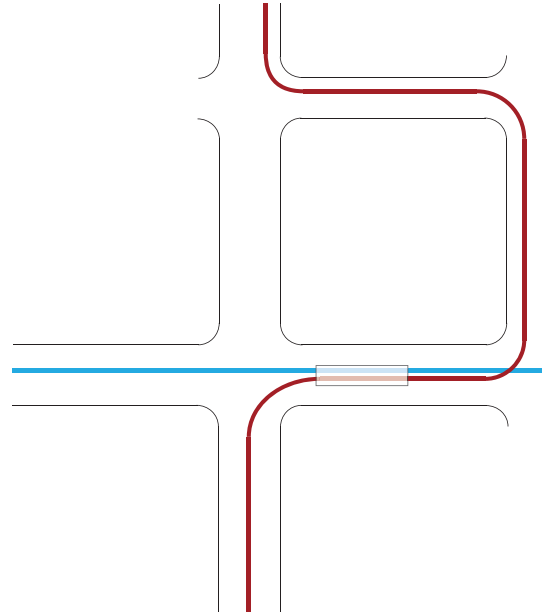
Nếu không sử dụng cầu vượt hay hầm chui, khách hàng phải ra khỏi bến và đến một bến kế tiếp để đón tuyến khác. Điều này còn liên quan đến tiền vé mà hành khách chuyển tuyến phải trả cho chuyến đi của họ. Trong khi đặt ra một số vấn đề liên quan đến việc thu phí vé từ các hành khách chuyển tuyến và làm tăng khả năng hành khách sẽ lựa chọn các phương thức khác do gặp khó khăn trong quá trình chuyển tuyến, lựa chọn này mang lại những lợi thế lớn về mật độ lưu thông. Không giống như các ví dụ đưa ra trước đó, nó sẽ không gây nên sự tắc nghẽn giao thông do sức chứa ở nút giao cắt sẽ lớn hơn rất nhiều sức chứa ở hai bến. Hai tuyến trong cách bố trí hệ thống này có thể xử lý khối lượng hành khách mỗi làn cao hơn so với tình huống việc chuyển tuyến được thực hiện bằng các tuyến trực tiếp giao nhau cùng mức.

9.4 CHUYỂN TUYẾN GIỮA CÁC TUYẾN XE TRỰC CHÍNH: GIẢI PHÁP KẾT HỢP: ĐƯỜNG VÒNG TRÊN MỘT TUYẾN CHO PHÉP CHUYỂN TUYẾN GIỮA NHIỀU BẾN.

Có thể chuyển tuyến giữa nhiều bến ngay cả khi chỉ có một tuyến xe buýt trên tuyến. Điều này nghĩa là có một tuyến đi vòng, để các xe buýt từ cả hai tuyến có thể dừng ở cùng một bến.

Đối với các hành khách chuyển tuyến, phương pháp này đảm bảo an toàn hơn và cũng tiết kiệm thời gian hơn. Nhược điểm là giải pháp này sẽ làm tăng thời gian di chuyển của các hành khách tiếp tục tuyến đi. Thiết kế nút giao cắt rất phức tạp do có các nút rẽ xe buýt khác nhau và cần đảm bảo sự cân bằng các làn đường ở cả hai bên cũng như sự an toàn.

Giải pháp này có thể khả thi trong các trường hợp cấu trúc của mạng lưới đường phố hay cấu trúc của hai tuyến xe buýt có thể hạn chế đường vòng để đưa tất cả các xe buýt về cùng một bến.



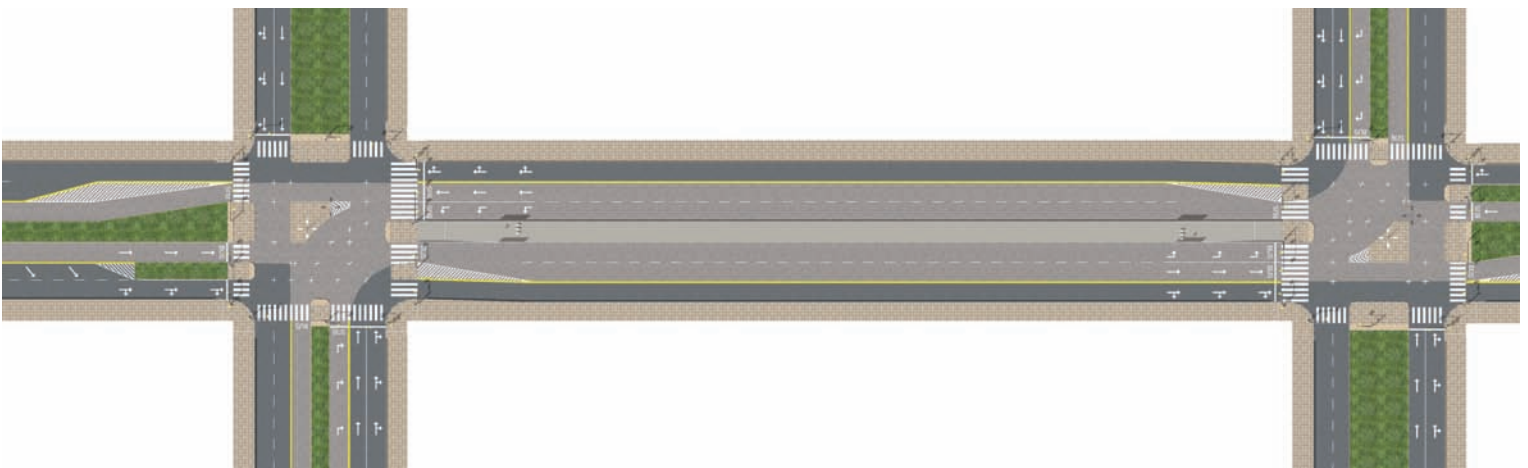
Hình 76 Chuyển tuyến giữa các tuyến xe trực chính

Phương án này cho phép chuyển tuyến nhiều làn bên giữa hai tuyến, ngay cả khi chỉ có một tuyến hoạt động trên mỗi tuyến. Điều này sẽ mang lại lợi ích sự an toàn của tuyến trực tiếp và vận hành hệ thống đơn giản với một tuyến trên mỗi tuyến. Có thể có nhiều sự kết hợp hơn. Kiểu chuyển tuyến này có thể được thiết kế lại sao cho các xe buýt vẫn tiếp tục chạy thẳng trên một tuyến trong khi một số xe khác có thể đi vòng qua tuyến khác. Cách làm này sẽ tiết kiệm thời gian hơn cho hành khách đi thẳng qua cũng như các hành khách chuyển tuyến.

Vấn đề an toàn chính phát sinh trong việc thiết kế nút giao cắt nơi một trong những tuyến BRT có đường vòng. Ở khu vực nơi cả hai tuyến xe cùng đi trên một con đường, cần có các làn dành riêng biệt cho từng chuyển động rẽ ở nút giao cắt, để tránh sự trì hoãn. Điều này là một vấn đề cho vận hành, tuy nhiên, để đảm bảo an toàn, cần phải duy trì sự cân bằng làn đường và căn chỉnh làn cho mọi hoạt động di chuyển qua nút giao. Điều này rất phức tạp và đòi hỏi phải sử dụng các dải phân cách với chiều rộng khác

nhau, các đảo trú chân, các gạch chéo, v.v. Rủi ro mang lại đó là nếu các nút giao cắt được thiết kế không tốt, nó sẽ có mức độ an toàn khác nhau đối với các bến trung chuyển chuyển tuyến nhiều làn bên.

Đối với kiểu chuyển tuyến này, năng suất bị hạn chế ở nút giao cắt hơn là ở bến. Để nâng cao công suất trong thiết kế này, cần phải có các làn dành riêng cho các hoạt động rẽ của xe buýt và cho các xe buýt chạy thẳng trên một trong hai tuyến BRT. Những chuyển động này sẽ không sử dụng chung các pha tín hiệu, và nếu chúng không có làn đường riêng biệt, chúng có thể chặn nhau tại nút giao cắt. Nút giao cắt cần ba pha, một cho xe buýt chuyển từ một tuyến đến tuyến khác và hai cho giao thông trên mỗi tuyến. Chúng tôi khuyến nghị nên cấm rẽ trái đối với giao thông hỗn hợp, vì việc rẽ trái như vậy sẽ làm tăng số lượng các pha tín hiệu cần thiết và giảm công suất cho cả tuyến BRT.



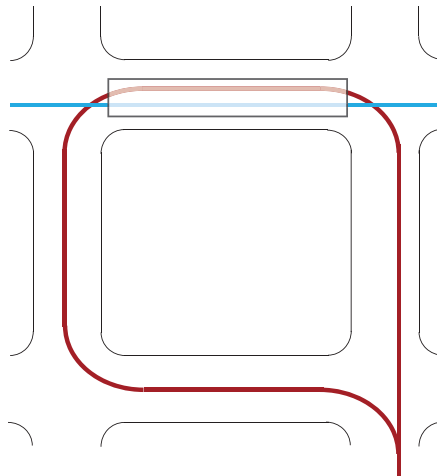
Hình 76 Chuyển tuyến giữa các tuyến xe trực chính

9.5 CHUYỂN TUYẾN SANG DỊCH VỤ KHÁC: BẾN CUỐI TÍCH HỢP

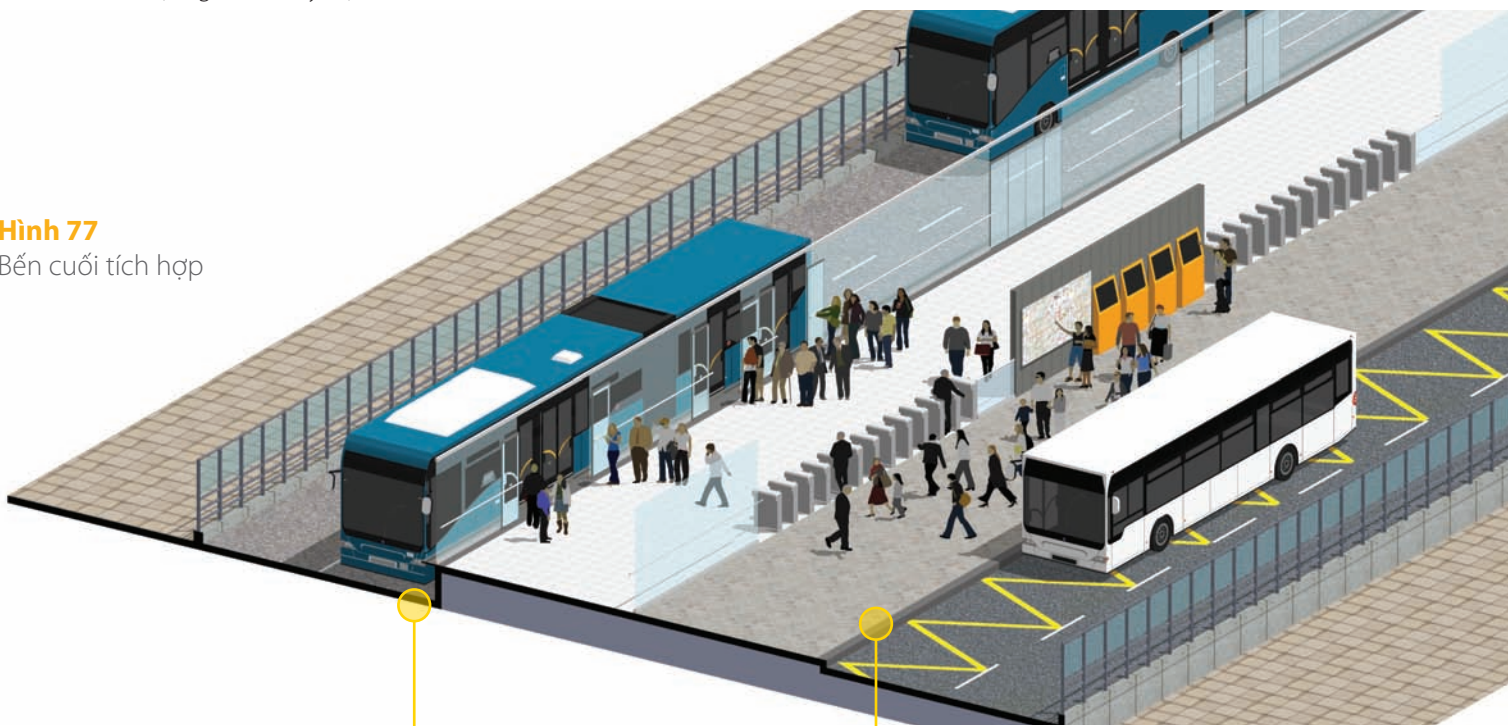
VÍ DỤ:

GA TRANSMILENIO, BẾN CUỐI SAN JERÓNIMO TRÊN TUYẾN BRT OPTIBÚS, LEÓN

Đây là một bến trung chuyển điển hình cho dịch vụ tích hợp của xe trục chính và xe tuyến nhánh, chẳng hạn như TransMilenio. Bến cuối có một bến trung tâm, và xe buýt cửa bên phải và bên trái có thể đậu ở cả hai bên, từ đó, hành khách chỉ có thể chuyển tuyến giữa các sàn bến. Nó thường bao gồm việc tích hợp tốt các nhiệm vụ khác nhau, nhưng trên lý thuyết nó cũng có thể làm việc với các nhiệm vụ hoàn toàn độc lập. Phía bến BRT có thể được đóng lại và việc thu tiền vé được thực hiện ngoài (offboard), trong khi phía bên kia có thể mở. Bản thân việc chuyển tuyến là khá an toàn, nhưng có một nguy cơ va chạm giữa xe buýt tại các lối vào bến cuối.



Hình 77
Bến cuối tích hợp



Chiều cao của sàn bến: Tương tự như chiều cao của sàn xe buýt

Ở phía bên này của bến cuối, nền sàn bến cao hơn 1 mét so với mặt đường, điều này sẽ cho phép kiểu xe buýt một tầng điển hình với cửa mở bên trái cập bến.

Bên này của bến cuối nên được sử dụng bởi xe BRT cao tầng. Nó sẽ có khả năng bị đóng cửa và tính năng thu phí bên ngoài.

Chiều cao của sàn bến: 30 cm

Các làn đường xe buýt ở phía bên này của bến cuối được nâng lên 70 cm so với mặt đường, vì vậy mà sàn bến trung tâm có thể phục vụ các xe buýt thấp tầng ở phía bên này.

Bên này của bến cuối nên được sử dụng cho xe buýt với cửa bên phải thông thường. Nó có thể mở và được trang bị thu phí trên xe, nhưng phải có lan can bên ngoài bến cuối, để ngăn chặn người đi bộ đi qua làn đường xe buýt.

Điều quan trọng là đánh giá kích thước sàn bến này một cách chính xác để nó không quá tải. Nếu không, sẽ xảy ra một nguy cơ nghiêm trọng khi một số hành khách đi bộ trên các làn xe buýt.

Đây là một lựa chọn chuyển tuyến rất an toàn cho hành khách. Nguy cơ an toàn chính cần xem xét là các lối vào bến cuối cho xe buýt. Điều quan trọng là cần tránh tắc nghẽn và phân biệt rõ ràng các hướng giao thông khác nhau.

TransMilenio đã ghi nhận tai nạn gây tử vong tại bến cuối Portal de Usme khi một tuyến xe trục chính và một xe tuyến nhánh đâm trực diện ở lối vào bến cuối, làm một số hành khách bị thương và một người tử vong.

Đối với bến cuối, yêu cầu chính về an toàn là đủ rộng để chứa số lượng dự kiến hành khách. Nếu bến trở nên quá tải, hành khách có thể đi bộ trong tuyến đường xe buýt, cụ thể là ở phía bên của bến cuối có sàn bến thấp.



Hình 78 Hình ảnh về bố trí điển hình cho một bến cuối tại TransMilenio.

Bên trái: xe buýt chạy tuyến nhánh có màu xanh dừng ở phía bên trái của sàn bến.

Bên phải: các xe buýt nối tuyến chạy trục chính có màu đỏ dừng ở phía bên phải của cùng sàn bến đó.

Các lối vào cho những bến cuối tích hợp

Thiết kế các lối vào bến cuối cần giảm thiểu va chạm giữa các xe buýt khác nhau và đảm bảo an toàn cho người đi bộ. Hình 79 nêu một giải pháp thiết kế cho một trong những hoàn cảnh khó khăn hơn cho bến cuối: một bến cuối trong một khu vực trung tâm thành phố, với lối tiếp cận dốc cho cả xe buýt và người đi bộ. Va chạm giữa các xe buýt được xử lý bằng cách cho phép các xe trực chính và xe tuyến nhánh vào bến cuối ở các pha tín hiệu khác nhau. Người đi bộ được bố trí không gian chờ đợi thoải mái và lối đi qua đường rộng. Người đi bộ đi chuyển đến bến cuối thông qua một đường hầm hoặc cầu vượt là điều cần thiết để loại bỏ xung đột giữa người đi bộ và xe buýt.

Công suất tại nút giao cắt này sẽ cao hơn so với năng lực thực tế của hệ thống, có nghĩa rằng điều này sẽ không tạo thành một nút cổ chai. Tuy nhiên, cách bố trí này có thể sẽ dẫn đến làm mất thời gian cho người đi bộ, và khả năng người đi bộ vượt đèn đỏ sẽ tăng. Điều này có thể được giải quyết bằng cách đảm bảo người đi bộ đi qua một đường hầm hoặc cầu vượt.

Tại các khu vực trung tâm, nhiều người trong số những hành khách có thể bắt đầu hoặc kết thúc hành trình của họ tại bến cuối, thay vì chuyển đổi giữa các tuyến. Các lối vào cho người đi bộ cần có khả năng đáp ứng với khối lượng hành khách dự kiến cho mỗi chu kỳ tín hiệu. Cũng nên xem xét sử dụng đường hầm hoặc cầu vượt cho người đi bộ đối với khối lượng rất lớn.



Hình 79 Các lối vào cho bến tích hợp

Hình 80 Ví dụ về bố trí bến cuối



BẾN CUỐI CHÍNH DEL NORTE, TRANSMILENIO

Nằm trong khu bảo tồn trung tâm của Autopista Norte. Xe buýt có lối vào dốc từ đường cao tốc, trong khi người đi bộ vào bến thông qua một cây cầu. Xe trục chính và xe tuyến nhánh dừng trên cả hai bên của bến cuối song song. Các lối vào cho xe buýt đến bến cuối không có tín hiệu đèn, mà dựa vào việc các tài xế nhường đường cho nhau.



BẾN CUỐI CHÍNH TUNAL, TRANSMILENIO

Nằm ngoài một trục đường đô thị, với lối đi vào dốc cho xe buýt, và qua một cây cầu cho người đi bộ. Nó đặc trưng bởi một sân bến duy nhất, khi xe buýt cập bến trên cả hai mặt.



BẾN CUỐI CHÍNH DEL SUR, TRANSMILENIO

Cách bố trí này tốt hơn đảm bảo cả sự an toàn lẫn hoạt động, mặc dù sẽ đắt hơn. Nằm ngay gần đường cao tốc, được tiếp cận bởi xe buýt từ cả hai hướng qua cầu vượt. Điều này giúp loại bỏ rất nhiều va chạm trong hai bố trí hiển thị ở trên.

9.6 CHUYỂN TUYẾN SANG DỊCH VỤ KHÁC: CHUYỂN SANG CÁC DỊCH VỤ XE BUÝT ĐỊA PHƯƠNG NGANG QUA MỘT NÚT GIAO CẮT

VÍ DỤ: MACROBÚS, GUADALAJARA

Đây là nơi một BRT hoặc một tuyến xe buýt busway đi qua một con phố có dịch vụ xe buýt địa phương. Dịch vụ xe buýt khác nhau không được triển khai (như trong trường hợp hệ thống gồm xe trục chính và xe tuyến nhánh) nhưng một số hành khách có thể chuyển các tuyến khác nhau. Mục tiêu ở đây là để làm cho các bến khác nhau càng gần nhau càng tốt, tạo an toàn tối đa cho người đi bộ tại điểm giao cắt, và cũng để sắp xếp việc chuyển tuyến sao cho giảm thiểu khoảng cách đi qua đường. Đây không phải là lựa chọn an toàn nhất, do nó có sự di chuyển qua các làn giao thông, nhưng nó dễ thực hiện nhất và không đòi hỏi sự hợp nhất các dịch vụ khác nhau.

Việc chuyển tuyến này thường xảy ra giữa các dịch vụ xe buýt không được điều hành bởi cùng một đơn vị. Luôn rất khó để điều phối việc chuyển tuyến trong những trường hợp như vậy, nhưng mục tiêu an toàn chính là để giảm thiểu khoảng cách đi bộ cho các hành khách chuyển tuyến, và khiến cho đường chuyển tuyến an toàn tối đa. Các bến BRT nên được đặt càng gần nút giao cắt có tuyến xe buýt khác càng tốt. Chúng tôi khuyến nghị nên cấm rẽ tại nút giao cắt này vì có thể có xung đột với đường dành cho các hành khách chuyển tuyến.



Hình 81 Chuyển sang các dịch vụ xe buýt địa phương

9.7 CHUYỂN TUYẾN SANG DỊCH VỤ KHÁC: KẾT HỢP BRT VỚI MỘT MẠNG LƯỚI DÀNH CHO XE ĐẠP

Ý tưởng thiết kế này minh họa cách có thể hợp nhất một tuyến BRT với một mạng lưới xe đạp mà không cần cung cấp cơ sở hạ tầng xe đạp trên tuyến chính. Trong trường hợp này, các đường ngang gồm đường xe đạp và điểm đỗ xe đạp ở cả bốn góc phố. Người đi xe đạp đi vào bến BRT có thể để lại xe đạp của họ tại một trong những địa điểm đỗ xe và sau đó đi bộ tới bến.

Cấm rẽ phải từ đường ngang mà có cắt với lối vào của người đi bộ đến bến. Lưu ý rằng các đường cho xe đạp

được đặt trên một đường ngang nhỏ với chỉ một làn mỗi chiều và không trên một trục đô thị.

Nếu chỗ xe được đặt trên các đường ngang, chúng tôi khuyến nghị nên đặt đường xe đạp giữa các hàng đỗ xe trên đường phố và vỉa hè, có không gian đệm nhỏ (lề đường hoặc dải phân cách) để bảo vệ người đi xe đạp không bị va chạm khi các xe mở cửa.



Hình 82 Kết hợp một mạng lưới dành cho xe đạp



Bến BRT tại dải phân cách tại Curitiba, Brazil

NGHIÊN CỨU VÀ PHÂN TÍCH



Trong phần này, chúng tôi giải thích các dữ liệu và phương pháp luận được sử dụng để đánh giá tác động an toàn của các loại hệ thống xe buýt và các tính năng ưu tiên vận tải hành khách khác nhau cũng như giá trị kinh tế của các tác động an toàn.



Dịch vụ xe buýt và cơ sở hạ tầng thông thường tại Brasília

10.1 HIỆU QUẢ AN TOÀN CỦA CÁC LOẠI HỆ THỐNG XE BUÝT KHÁC NHAU

Hiểu biết về các tác động đến an toàn chung của các tính năng ưu tiên vận chuyển khác nhau là đặc biệt quan trọng trong giai đoạn đầu lập kế hoạch các hệ thống như vậy. Điều này là phổ biến cho các dự án vận tải hành khách được tài trợ bởi chính phủ quốc gia, với các quyết định thường dựa trên những phân tích chi phí - lợi ích. Một số chương trình tài trợ vận tải hành khách quốc gia hiện đang đề cập sự an toàn là một trong các lợi ích tiềm năng có thể được đưa vào phân tích. Tuy nhiên, có rất ít dự toán có sẵn trong các tài liệu về các tác động an toàn dự kiến có được nhờ ưu tiên vận chuyển, và phần lớn các nghiên cứu hiện có về đường ưu tiên xe buýt là từ Hoa Kỳ và Na Uy (Elvik và VAA 2008).

Khả năng định lượng các tác động an toàn dự kiến cho một chương trình ưu tiên vận tải hành khách tại một thành phố của một nước đang phát triển nhất định có thể giúp ước tính lợi ích của dự án trong hoàn cảnh cụ thể. Điều này là có liên quan trong giai đoạn đầu của việc lập kế hoạch, và nó có thể giúp hiểu biết tốt hơn về tầm quan trọng của tác động an toàn mong đợi từ việc thực hiện các tính năng ưu tiên vận chuyển.

Các ước tính dựa trên dữ liệu địa phương cũng sẽ có giá trị hơn so với việc áp dụng các ước tính dựa trên các nghiên cứu ở Hoa Kỳ hay châu Âu. Do đó, chúng tôi bắt đầu phân tích của mình bằng một cái nhìn tổng quan về tác động đến an toàn chung từ việc thực hiện các loại đề án ưu tiên vận chuyển khác nhau. Chúng tôi thảo luận về các phương pháp khác nhau để đánh giá giá trị kinh tế của các tác động an toàn và làm thế nào để điều này có thể được đưa vào phân tích chi phí - lợi ích và quyết định tài trợ hệ thống trung chuyển.

Chúng tôi trình bày ở đây bằng chứng về tác động an toàn và lợi ích kinh tế có liên quan của một số hệ thống xe buýt trên toàn thế giới, có được từ các tài liệu hiện có và phân tích dữ liệu của chúng tôi. Trong mọi trường hợp, chúng tôi đều trình bày tác động của việc triển khai một số hình thức ưu tiên vận tải hành khách so với các điều kiện hiện tại trên tuyến. Trong hầu hết các trường hợp, các đề án ưu tiên vận tải hành khách được thực hiện trên đường phố có đặc trưng là sử dụng dịch vụ xe buýt thông thường hoặc dịch vụ vận tải hành khách phi chính thức. Nhưng

Bằng chứng chỉ ra rằng **thực hiện các tính năng ưu tiên vận tải hành khách tiên tiến hơn trên đường phố đô thị có xu hướng nâng mức an toàn**

không phải luôn luôn như vậy. Ví dụ, TransMilenio BRT ở Bogotá, thay thế một đường xe buýt busway hiện có trên Avenida Caracas, trong khi BRT Macrobus ở Guadalajara thay thế một làn đường ưu tiên xe buýt trước đó.

Thách thức chính trong việc đánh giá tác động an toàn của một đề án ưu tiên trung chuyển là xác định mức độ thay đổi về các va chạm nhờ áp dụng các biện pháp can thiệp. Điều quan trọng là phải phân biệt tác động của các biện pháp can thiệp với sự ngẫu nhiên chung của dữ liệu va chạm (đặc biệt là các hồi quy giá trị trung bình, hay ảnh hưởng RTM) và với các tác động của các chính sách khác nhau hoặc các xu hướng trên toàn thành phố và cấp quốc gia. RTM chỉ các tình huống trong đó một địa điểm có số lượng vụ va chạm đặc biệt cao hay thấp trong 1 năm sẽ có xu hướng có số lượng va chạm gần với mức trung bình một năm sau (Barnett, van der Pols, và Dobson 2004). So sánh đơn giản về số lượng va chạm không thể tính vào RTM và có thể dẫn đến kết quả không chính xác. Vì lý do này, người ta hay dùng các kỹ thuật đánh giá tác động an toàn của các biện pháp can thiệp như đối với BRT là phương pháp Thực nghiệm Bayes (EB).

Ước tính của chúng tôi về các tác động an toàn ưu tiên trung chuyển không dựa trên một phân tích trước và sau, mà dựa vào việc so sánh giữa một kịch bản cơ sở (giả định rằng ưu tiên vận chuyển đã không được thực hiện) và các điều kiện thực tế sau thực hiện. Đây là một bước quan trọng trong việc cô lập các thay đổi về va chạm có thể được quy cho chính BRT, trái ngược với xu hướng toàn thành phố hiện có.

Một thách thức khác để ước lượng tác động an toàn là các nước đang phát triển có xu hướng báo cáo thiếu các va chạm giao thông và số ca tử vong. Một phần kết quả

này là do các định nghĩa khác nhau về những gì cấu thành một ca tử vong liên quan đến giao thông hoặc một va chạm giao thông, nhưng cũng có thể quy cho việc báo cáo sai sót (Hijar và cộng sự 2011). Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) đã phát triển các yếu tố điều chỉnh để chuẩn hóa dữ liệu trên các quốc gia khác nhau (WHO 2013), và chúng tôi áp dụng các yếu tố này trong phân tích của chúng tôi.

Bảng 14 nêu bằng chứng về tác động an toàn từ hệ thống xe buýt khác nhau trên khắp thế giới. Các kết quả trong Bảng 14 thể hiện các tác động thực tế được đánh giá bằng cách sử dụng dữ liệu địa phương, và đã được điều chỉnh những phần báo cáo thiếu bằng cách sử dụng các yếu tố điều chỉnh được WHO khuyến cáo. Nhìn chung, kết quả cho thấy việc thực hiện các tính năng ưu tiên vận tải hành khách cao cấp hơn (ví dụ, đi từ một đường xe buýt busway đến một BRT chính thức hoặc từ dịch vụ thông thường tới làn đường ưu tiên và ưu tiên tín hiệu) có xu hướng cải thiện an toàn.

Chương 5.3 sẽ tìm hiểu chi tiết hơn về lý do đằng sau những tác động an toàn tích cực ghi nhận trong Bảng 14. Nói chung, việc giảm thương vong không phụ thuộc vào loại hệ thống ưu tiên vận chuyển được thực hiện. Thay vào đó, những suy giảm có thể là do hai yếu tố chính.

Thứ nhất, các tính năng ưu tiên vận chuyển có xu hướng cải thiện hình học đường theo những cách khiến cho cơ sở hạ tầng an toàn hơn (ví dụ, cách ly xe buýt khỏi giao thông hỗn hợp, cấm một chuyển động rẽ, hoặc rút ngắn lối qua đường cho người đi bộ). Thứ hai, ưu tiên vận chuyển thường cũng làm cho vận tải là một lựa chọn hấp dẫn hơn. Đặc biệt là trong bối cảnh Mỹ Latinh, triển khai BRT cũng dẫn đến tăng hiệu suất hoạt động vận tải (được đo bằng các lần đón khách mỗi km xe buýt). Những tác động này sẽ được thảo luận chi tiết và định lượng trong chương 5.3.

Sử dụng dữ liệu từ bảng 14, chúng tôi đã lập ước tính tác động an toàn dự kiến của các tính năng ưu tiên vận chuyển bằng cách sử dụng phương pháp phân tích dữ liệu log-odds. Phương pháp để phát triển các dự toán được trình bày chi tiết trong chương 5.3. Bảng 1 cho thấy tác động an toàn trung bình được xác định và khoảng tin cậy 95% cho một số loại tính năng ưu tiên vận tải hành khách trên toàn thế giới. Một trong những lý do mà các dự án BRT tại các đang phát triển cho thấy tác động an toàn lớn hơn nhiều so với một số chuyển đổi làn HOV ở các nước phát triển là các cải tiến về hình học đường và khả năng tiếp cận đi kèm với các dự án như vậy.

Bảng 14 Tác động an toàn của các loại hệ thống xe buýt khác nhau

Thành phố	Trước	Sau	Tuyến và chiều dài (km)	Tác động an toàn, mỗi năm, mỗi km (thay đổi phần trăm trong ngoặc đơn)		
				Các vụ va chạm	Chấn thương	Tử vong
TRUNG CHUYỂN KHÔNG CHÍNH THỨC ĐẾN BRT						
Thành phố Ahmedabad ^a	Trung chuyển chính thức	Làn đường BRT duy nhất	Hệ thống Janmarg (49 km)	-2,8 (-32%)	-1,5 (-28%)	-1,3 (-55%)
Thành phố Mexico ^b	Trung chuyển chính thức	Làn đường BRT duy nhất	Metrobus Tuyến số 3 (17 km)	+7,5 (+11%)	-6,7 (-38%)	- 0,3 (-38%)
QUYỀN ƯU TIÊN CHO XE BUÝT HIỆN HÀNH ĐẾN BRT						
Guadalajara ^c	Làn đường ưu tiên cho xe buýt	BRT với làn đường vượt	Macrobus (16 km)	-83,19 (-56%)	-4,1 (-69%)	-0,2 (-68%)
Bogota ^d	Đường xe buýt busway	Đa làn đường BRT	Bình quân Caracas (28 km)	không áp dụng	-12,1 (-39%)	-0,9 (-48%)
CÁC CẢI TIẾN CHO DỊCH VỤ XE BUÝT THÔNG THƯỜNG						
Thành phố Melbourne ^e	Xe buýt thông thường	Quyền vượt xe, tín hiệu ưu tiên	Các tuyến đường SmartBus 900, 903 (88,5 km)	-0,09 (-11%)	-0,1 (-25%)	-0,03 (-100%)

Ghi chú: ^aphân tích của EMBARQ, dựa trên dữ liệu được cung cấp bởi Trung tâm Quy hoạch và Công nghệ Môi trường (CEPT), Ahmedabad. ^bphân tích của EMBARQ, dựa trên dữ liệu được cung cấp bởi chính quyền Liên bang Mexico; ^cphân tích của EMBARQ, dựa trên dữ liệu được cung cấp bởi Bộ trưởng Đường bộ và Giao thông Vận tải Jalisco và Phòng Y tế Cộng đồng tại Đại học Guadalajara; ^dphân tích của EMBARQ, dựa trên dữ liệu được cung cấp bởi TransMilenio S.A. và dựa trên dữ liệu từ Bocarejo và cộng sự 2012; ^e Nguồn: Goh và cộng sự 2013

Các giá trị dự toán tốt nhất và khoảng tin cậy 95% trong Bảng 1 nên được hiểu là sự giảm bớt phần trăm các va chạm về mức độ nghiêm trọng do áp dụng một loại hình tính năng trung chuyển ưu tiên cụ thể.

Các ước tính dựa trên dữ liệu từ Metrobus BRT ở Mexico City, Macrobus BRT ở Guadalajara, TransMilenio BRT ở Bogotá, và Janmarg BRT ở Ahmedabad. Mức độ những ước tính này được áp dụng cho các dự án mới phụ thuộc vào mức độ các dự án này tương đồng với các ví dụ được nêu trên đây.

10.1.1 Đánh giá tác động kinh tế của các tác động an toàn

Không có phương pháp đơn nhất nào có sẵn trong các tài liệu để xác định chi phí của một vụ va chạm giao thông. Có một số phương pháp có sẵn, có thể mang lại những ước tính rất khác nhau. Ngoài ra, hầu hết tài liệu về chi phí liên quan đến các va chạm xuất phát từ các nước phát triển (ví dụ, Blincoe và cộng sự 2002; BITRE 2009), và có khoảng cách về kiến thức liên quan đến các chi phí và va chạm ở các nước thu nhập thấp và thu nhập trung bình. Trong trường hợp không có dự toán địa phương, phí tổn cho các vụ va chạm ở những nền kinh tế mới nổi thường được ước tính thông qua chuyển giao lợi ích (ví dụ, bằng cách sử dụng một giá trị tham khảo từ một nghiên cứu ở các nước phát triển và tìm kiếm một cách thích hợp để thích ứng với các giá trị trong bối cảnh của một đất nước

Bảng 15 Giá trị và phạm vi VSL từ các nước phát triển

Dự toán VSL (trong năm 2012, tính bằng USD)	Quốc gia hoặc khu vực áp dụng VSL	Nguồn VSL
(1.200.000 - 4.130.000)	Liên minh Châu Âu	Phương pháp Tiếp cận Hải hoà của Châu Âu về Tính Chi phí và Đánh giá Dự án Giao thông Vận tải (HEATCO)
2.620.000	Úc	Cục Cơ sở Hạ tầng, Giao thông Vận tải, Kinh tế Khu vực Úc (BITRE)
2.740.000	Anh Quốc	Bộ Giao thông Vận tải (DfT), Hướng dẫn Phân tích Giao thông (TAG) tại Anh
7.060.000	Hoa Kỳ	Bộ Giao thông Vận tải (DOT)
8.430.000	Hoa Kỳ	Cơ quan Bảo vệ Môi trường (EPA)

đang phát triển). Trong phần này, chúng tôi thảo luận về các phương pháp chuyển giao lợi ích và trình bày các nguồn khác nhau cho giá trị tham khảo, tập trung vào các va chạm gây tử vong và thương tích.

Nhiều thành phần tạo nên các chi phí của một vụ va chạm giao thông. Trong một nghiên cứu cho Ban An toàn Giao thông Cao tốc Mỹ (NHTSA), Blincoe và cộng sự (2002) xác định các thành phần của chi phí va chạm như sau: thu nhập bị mất của các nạn nhân vụ va chạm, thu nhập bị mất của các thành viên khác trong gia đình, chi phí y tế, thiệt hại tài sản, chi phí bảo hiểm, chi phí nơi làm việc, và lệ phí pháp lý. Ngoài ra, Cropper và Sahin (2009) đã nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xác định thiệt hại về người và sự sụt giảm chất lượng cuộc sống, vốn thường được thực hiện bằng cách sử dụng các khái niệm như giá trị cuộc sống thống kê (VSL), hoặc số tuổi đời có chất lượng bị thay đổi (QALY).

Giá trị cuộc sống thống kê (VSL) thường được định nghĩa là tổng thể những gì các cá nhân trên toàn quốc sẽ sẵn sàng trả tiền cho việc giảm rủi ro, và cùng nhau giúp tránh được một ca tử vong cho toàn bộ dân số (Cropper và Sahin 2009). VSL nên được hiểu không phải là giá trị được gán cho cuộc sống của một cá nhân mà là giá trị của việc giảm nguy cơ có thể dẫn đến giảm một ca tử vong trong dân số nhất định. Có nhiều cách để ước lượng VSL, từ sự sẵn sàng chi trả cho các thu nhập thấy trước, hoặc đến các ước tính dựa trên tổng sản phẩm quốc nội (GDP) bình quân đầu người. Sự đa dạng của các phương pháp có sẵn cũng được phản ánh trong phạm vi rộng của các

giá trị VSL có sẵn trong tài liệu. Bảng 15 cho thấy ước tính khác nhau về VSL từ một số các cơ quan hàng đầu cung cấp vận chuyển và hướng dẫn phân tích môi trường ở các nước phát triển.

Ước tính VSL rất khác nhau giữa các quốc gia khác nhau hoặc các cơ quan trong cùng một quốc gia. Hơn nữa, các cơ quan thường xuyên rà soát ước tính VSL của họ, một thực tế góp phần vào gây khó khăn trong việc chọn một giá trị thích hợp, đặc biệt là khi xem xét chuyển các giá trị sang cho các nước đang phát triển. Chúng tôi cung cấp hai đề xuất để giải quyết các vấn đề về VSL "chính xác" để sử dụng. Trước hết, điều quan trọng là phải sử dụng cùng một VSL trong tất cả các thành phần của phân tích chi phí-lợi ích cho các dự án tương tự (ví dụ, tác động an toàn, chất lượng không khí, hoạt động thể chất). Nhưng nó cũng có thể hữu ích để tiến hành phân tích độ nhạy nhằm kiểm tra mức độ các biến thể trong giá VSL được sử dụng ảnh hưởng đến giá trị tỉ số lợi ích-chi phí hiện tại ròng của một dự án.

Khi chuyển một ước tính VSL cho một quốc gia khác, các phương pháp phổ biến nhất là giả định rằng do VSL thường được hiểu là sự sẵn sàng chi trả để giảm rủi ro, các chênh lệch về VSL giữa các quốc gia nên tỉ lệ thuận với tổng thu nhập quốc gia (GNI). Một công thức chung cho việc chuyển VSL từ một quốc gia tham chiếu đến một quốc gia khác *i* được thể hiện trong phương trình dưới đây, chuyển thể từ Esperato, Bishai, và Hyder 2012; và Cropper và Sahin 2009:

$$VSL_i = VSL_{tham chiếu} \times \frac{GNI_i}{GNI_{tham chiếu}} \times \epsilon$$

Trong đó

VSL_i = giá trị cuộc sống thống kê tại quốc gia i

$VSL_{tham chiếu}$ = giá trị cuộc sống thống kê tại quốc gia tham khảo

GNI_i và $GNI_{tham chiếu}$ = lần lượt là tổng thu nhập quốc dân tại quốc gia i và tại quốc gia tham khảo.

ϵ = hệ số lấy giá trị trong khoảng từ 1 đến 1,5, cung cấp một phạm vi VSL ước tính có thể có tốt hơn cho sự không chắc chắn liên quan đến việc chuyển giao lợi ích

Khoảng cách kiến thức về chi phí tử vong giao thông trong các nước đang phát triển cũng bao gồm các chấn thương giao thông. Vấn đề trở lên phức tạp hơn bởi chất lượng dữ liệu chấn thương có sẵn kém. Chi phí chấn thương có sự khác nhau đáng kể tùy theo mức độ nghiêm trọng của chấn thương, đó là lý do tại sao cần có một sự rõ ràng, thước đo tiêu chuẩn hóa về mức độ nghiêm trọng

chấn thương để có thể ước tính chi phí. Một hệ thống như vậy gọi là Thước đo Chấn thương Viết tắt (AIS), một hệ thống tính điểm giải phẫu chấn thương xếp hạng trên thang điểm từ 1 đến 6, với 1 đại diện cho một ca chấn thương nhỏ và 6 đại diện cho một ca tử vong. Nghiên cứu tại Hoa Kỳ gán chi phí trung bình cho các cấp AIS khác nhau, cả về giá trị tuyệt đối lẫn là một phần nhỏ của chi phí tử vong (ví dụ, Blincoe và cộng sự 2002).

Tuy nhiên, hầu hết các dữ liệu va chạm phân tách sẵn có, thường là từ các báo cáo của cảnh sát giao thông, không sử dụng các hệ thống AIS để xếp hạng độ nghiêm trọng của các thương tật. Thông thường, các báo cáo phân biệt giữa các trường hợp tử vong, thương tích, và va chạm chỉ gây thiệt hại tài sản (PDO), không có đề cập đến mức độ nghiêm trọng của chấn thương. Đây là một hạn chế quan trọng trong việc phát triển mạnh mẽ của các ước tính chi phí chấn thương trong các nước đang phát triển, và nó cho thấy nhu cầu rõ ràng về việc cần nghiên cứu thêm về lĩnh vực này và việc cần có những cải tiến trong hệ thống thu thập dữ liệu va chạm. Một nguồn lực có thể sử dụng cho chi phí trung bình của một va chạm giao thông được quy định tại Hướng dẫn Phân tích Giao thông Vận tải của Bộ Giao thông Vận tải Anh (DfT), thể hiện trong Bảng 16.

Bảng 16 Chi phí chấn thương do va chạm giao thông, dựa trên Hướng dẫn Phân tích Giao thông Vận tải của DfT (TAG)

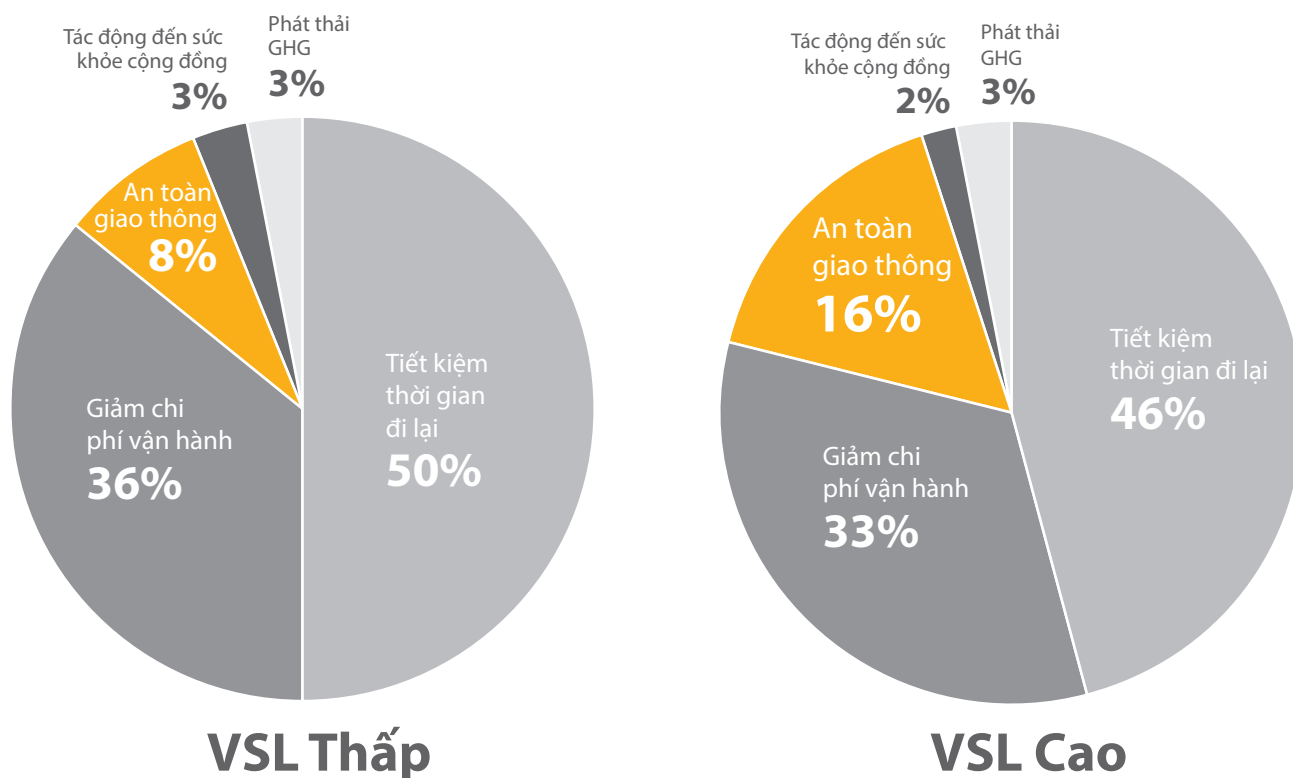
Loại chấn thương	Chi phí chấn thương	
	Tổng chi phí (2012, USD)	Chi phí là một phần nhỏ trong chi phí tử vong
Trung bình trên tất cả các loại chấn thương	84.835	0,03
Chấn thương nhẹ	24.402	0,008
Chấn thương nghiêm trọng	316.681	0,112

10.1.2 Tác động An toàn so với những lợi ích khác của đề án ưu tiên vận tải hành khách

Dựa trên kinh nghiệm của chúng tôi về tiến hành phân tích chi phí-lợi ích cho các dự án ưu tiên vận tải hành khách tại Mỹ Latin, chúng tôi ước tính rằng, trung bình, các cải thiện an toàn chiếm khoảng 8% đến 16% lợi ích kinh tế của một hệ thống xe buýt vận tải hành khách nhanh (Hình 83).

Sự thay đổi giữa hai kịch bản có được từ sự khác biệt lớn giữa các giá trị khác nhau có thể được sử dụng cho VSL. Tuy nhiên, việc sử dụng các VSL khác nhau không thay đổi

thực tế rằng những cải tiến an toàn thường là những lợi ích cao thứ ba, sau tiết kiệm thời gian đi lại cho người sử dụng vận tải hành khách và giảm chi phí hoạt động vận tải. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xét đến các tác động an toàn như một phần của chi phí phân tích lợi ích cho các dự án BRT, vì đây là một trong những tác động chính về độ lớn, và những thiếu sót của thành phần an toàn có thể giảm đáng kể lợi ích chi phí tỉ lệ cho một định dự án. Chúng tôi hiện không có dự toán tương tự như đối với các loại phương án ưu tiên vận tải hành khách, và đây là một khu vực sẽ đòi hỏi được nghiên cứu sâu hơn, đặc biệt về phát triển các ước tính địa phương cho các thành phố ở các nước đang phát triển.



Hình 83 Lợi ích an toàn là tỉ lệ phần trăm của tổng lợi ích kinh tế của một hệ thống xe buýt vận tải hành khách nhanh

Nguồn: Phân tích của EMBARQ, dựa trên ước tính về lợi ích cho các hệ thống BRT bao gồm Metrobus (thành phố Mexico) và TransMilenio (Bogotá) (Carrigan, và cộng sự Năm 2013). Tình huống "VSL thấp" ước tính lợi ích an toàn bằng cách sử dụng VSL tham chiếu là 3,81 triệu USD, dựa trên Esperato, Bishai, và Hyder 2012, trong khi các tình huống "VSL cao" sử dụng VSL tham chiếu ở 8,4 triệu USD, dựa trên các giá trị được sử dụng bởi EPA Hoa Kỳ.

10.2 HIỂU VỀ CÁC YẾU TỐ GÓP PHẦN VÀO TÁC ĐỘNG AN TOÀN

Nhìn chung, hệ thống ưu tiên vận chuyển tiên tiến hơn, chẳng hạn như BRT và sự kết hợp giữa xe chen hàng (queue jumper) và ưu tiên tín hiệu có vẻ có tác động an toàn tốt hơn so với các ví dụ từ Mỹ, vốn nói chung gồm các làn xe được chia sẻ cho xe buýt và xe khác. Kết quả từ Bảng 1 cho thấy một loạt các tác động an toàn nhất có thể có từ các đề án ưu tiên vận chuyển khác nhau. Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy rằng 90% các va chạm trên tuyến xe buýt không liên quan đến xe buýt và xảy ra bên ngoài của các làn đường xe buýt. Điều này cho thấy các yếu tố khác liên quan đến việc thiết kế các làn đường giao thông nói chung có thể góp phần vào các va chạm. Chúng tôi đã tìm cách hiểu rõ hơn các yếu tố góp phần vào các dữ liệu an toàn khác nhau của đề án ưu tiên vận chuyển khác nhau, với việc tập trung vào các thành phố đang phát triển trên thế giới. Do đó chúng tôi thu thập và phân tích dữ liệu va chạm từ thành phố với các đề án ưu tiên vận chuyển ở Mỹ Latinh và châu Á. Chúng tôi trình bày các kết quả chi tiết của phân tích này trong chương này.

10.2.1 Nguồn dữ liệu

Chúng tôi biên soạn bộ dữ liệu về va chạm cho mỗi thành phố bằng cách sử dụng nguồn dữ liệu địa phương khác nhau có sẵn. Tại các thành phố của Brazil, dữ liệu va chạm đã được cung cấp bởi các cơ quan giao thông vận tải công cộng địa phương. Tại Mexico, dữ liệu được cung cấp bởi Bộ trưởng Giao thông Vận tải Jalisco và bởi Chính quyền Thành phố Mexico. Chúng tôi thu thập được dữ liệu cho các thành phố Colombia từ Bộ Giao thông Vận tải Quốc gia, và cho các thành phố của Ấn Độ từ sở cảnh sát địa phương. Đối với Bogotá, chúng tôi cũng sử dụng một tập dữ liệu được cung cấp bởi TRANSMILENIO S.A., một trong số ít các cơ quan điều hành BRT đã biên soạn cơ sở dữ liệu va chạm giao thông riêng của mình. Bộ dữ liệu này bao gồm các va chạm liên quan đến xe TransMilenio và tất cả các sự cố nhỏ liên quan đến xe buýt, vốn thường không được báo cáo với cảnh sát. Những sự kiện này tương đối nhỏ và góp phần để có sự hiểu biết tốt hơn về các vấn đề an toàn liên quan đến hoạt động BRT (ví dụ, người lái xe buýt đột ngột phanh dẫn đến hành khách ngã bên trong xe buýt, hoặc đỗ xe tại điểm dừng xe buýt không đúng cách tại các bến, dẫn đến thiệt hại nhỏ cho các phương tiện). Tất cả các bộ dữ liệu chứa thông tin chi tiết về mỗi sự kiện xảy ra vào mỗi tuyến xe buýt cho một khoảng thời gian khác nhau, từ 3 đến 7 năm, tùy thuộc vào thành phố.



Trên các đường phố với làn đường xe buýt chuyên dụng ở giữa, phần lớn các va chạm xảy ra bên ngoài làn đường xe buýt và không liên quan đến xe buýt.

10.2.2 Phương pháp nghiên cứu

Thành phần quan trọng của việc đánh giá của chúng tôi là phân tích dữ liệu va chạm. Do sự khác biệt đáng kể về tiêu chuẩn báo cáo va chạm và thậm chí cả trong các định nghĩa thế nào là một va chạm, hoặc chấn thương, nên không thể tiến hành so sánh phù hợp giữa các thành phố khác nhau. Vì lý do này, chúng tôi xây dựng cấu trúc phân tích bằng cách nghiên cứu trường hợp, trong đó mỗi trường hợp nghiên cứu đại diện cho một thành phố. Đối với mỗi thành phố, chúng tôi đã phân tích dữ liệu va chạm cho hệ thống xe buýt khác nhau, với mục tiêu xác định những yếu tố ảnh hưởng đến số lượng va chạm (ví dụ, chiều dài của cửa cho người đi bộ hoặc sự hiện diện của một phân cách trung tâm). Mục đích sau đó là chúng tôi xác nhận hoặc bác bỏ các kết quả từ một nghiên cứu tình huống bằng cách áp dụng các phương pháp tương tự đến các thành phố khác. Đối với một số đặc điểm thiết kế, chẳng hạn như số lượng các đường dẫn vào mỗi điểm giao cắt, chúng tôi đã có thể có được kết quả rất quan trọng và nhất quán trên nhiều nghiên cứu trường hợp. Đối với những nhân tố khác, chẳng hạn như số lần rẽ trái được phép ở mỗi ngã tư, kết quả không nhất quán.

Chúng tôi lựa chọn mô hình tần suất tai nạn làm kỹ thuật thống kê thích hợp. Điều này cho phép chúng tôi giải thích sự khác biệt về tỉ lệ va chạm tại các địa điểm khác nhau bằng cách sử dụng các yếu tố như đường và điểm giao cắt hình học, thiết kế hệ thống xe buýt, và sử dụng đất, sau khi kiểm soát tiếp xúc, nghĩa là, số lượng xe hoặc người đi bộ.

Dữ liệu va chạm là các biến số, thường được đại diện tốt nhất bởi một phân phối Poisson (Ladron de Guevara, Washington, và Oh 2004). Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây đã lưu ý rằng dữ liệu va chạm cũng được bị quá phân tán (tức là, phương sai lớn hơn nhiều so với giá trị trung bình) và do đó được đại diện hiệu quả hơn bởi một phân phối nhị thức âm (còn được gọi là Poisson-Gamma), trong đó, không giống như Poisson, cho phép sai khác với giá trị trung bình (Dumbaugh và Rae 2009). Vì lý do này, các nhị thức âm (NB) là phân phối xác suất thích hợp để mô hình hóa các tần suất va chạm trong nhiều trường hợp. Chúng tôi sử dụng NB hồi quy cho phần lớn các mô hình của chúng tôi, với ngoại lệ của các mô hình vụ va chạm cho người đi bộ Guadalajara, nơi các biến phụ thuộc không phân tán quá nhiều. Trong trường hợp này chúng tôi sử dụng một hồi quy Poisson thay thế.

Quy mô phát triển các mô hình là một quyết định quan trọng. Các nghiên cứu trước đã phát triển mô hình tần suất vụ va chạm ở quy mô rất khác nhau, dao động từ mô hình các nút giao cắt đến mô hình khu lân cận, và thậm chí là mô hình va chạm cấp độ mã zip. Do mục tiêu của chúng tôi là tìm hiểu tác động chi tiết của sự lựa chọn thiết kế đối với va chạm, chúng tôi sử dụng quy mô nhỏ nhất có thể: nút giao thông hoặc các đoạn đường phố. Sự lựa chọn này cũng chịu ảnh hưởng bởi cấu trúc của các bộ dữ liệu, và đặc biệt là địa điểm được báo cáo. Trong hầu hết các thành phố trong mẫu của chúng tôi, với ngoại lệ là một số thành phố của Brazil, các địa điểm va chạm được báo cáo bằng cách liệt kê các đường phố chính nơi các vụ va chạm xảy ra, và sau đó liệt kê các đường ngang gần nhất. Do đó, các va chạm được nhóm lại theo nút giao cắt gần nhất với vị trí mà chúng đã xảy ra, không có khả năng tách biệt các vụ va chạm tại nút giao cắt và tại giữa phố (midblock).

Kết quả là, mỗi quan sát của chúng tôi trong bộ dữ liệu tương ứng với một nút giao cắt cộng với đường dẫn đến nó dọc theo đường phố chính. Do chúng ta không thể tách biệt các va chạm tại nút giao cắt với các vụ va chạm tại giữa phố, chúng tôi quyết định tạo ra các biến riêng biệt cho nút giao cắt đường phố và đặc điểm thiết kế, để tách ảnh hưởng của chúng đến các vụ va chạm. Do đó, các biến số như số chân, số làn rẽ trái, hoặc mất cân bằng làn đường đặc trưng hóa dạng hình học của nút giao cắt, trong khi số lượng làn đường hoặc sự hiện diện của một phân cách trung tâm chỉ bố cục đường phố. Chúng tôi cũng tạo ra một biến giả cho bố trí ngược với làn đường xe buýt.

Chỉ có bốn trong các thành phố có đủ dữ liệu để phát triển các mô hình thống kê: Mexico City, Guadalajara, Bogotá, và Porto Alegre. Hệ thống báo cáo vị trí tốt hơn nhiều ở một số thành phố của Brazil và bao gồm tọa độ địa lý cũng như một sự phân biệt rõ ràng giữa ngã tư và điểm giao cắt va chạm. Để duy trì sự phù hợp nhất có thể trong các phân tích trên các nghiên cứu trường hợp khác nhau, chúng tôi quyết định phát triển mô hình giao cho Porto Alegre.

Các biến tương tự có thể có những tác động an toàn khác nhau lên các loại va chạm khác nhau và mức độ nghiêm trọng chấn thương khác nhau. Vì lý do này, chúng tôi phát triển mô hình tần suất tai nạn theo loại va chạm (ví dụ, va chạm ở xe cơ giới, va chạm với người đi bộ) và va chạm gây ra một trong hai trường hợp tử vong hoặc thương tích để tách riêng các va chạm nghiêm trọng.

10.2.3 Kết quả từ các mô hình tần suất tai nạn

Mô hình Poisson và NB dự đoán log tự nhiên của biến phụ thuộc. Để ước tính tác động an toàn, chúng tôi sử dụng tỉ số tốc độ sự cố (IRR) giải thích các hệ số, thu được bằng lấy thừa của các hệ số. IRR có thể được hiểu trực tiếp như phần trăm thay đổi trong các va chạm tương ứng với một sự thay đổi đơn vị trong biến độc lập. Sau đó, chúng tôi ước tính tác động an toàn trung bình có trọng số của từng biến qua bốn thành phố (City Mexico, Guadalajara, Bogotá, và Porto Alegre) bằng cách sử dụng phương pháp phân tích log-odds (xem Elvik và VAA 2008 để biết thêm chi tiết). Các trọng số tương ứng với sai số chuẩn của IRR của mỗi nghiên cứu. Điều này cho biết một ước tính tác động trung bình về an toàn cho mỗi thiết kế và biến giao thông mà chúng tôi xem xét được thể hiện trong bảng dưới đây, cũng như khoảng tin cậy 95%. Một dấu hiệu dương của một hệ số cho thấy một tỉ lệ va chạm cao hơn, trong khi đó một dấu hiệu âm cho thấy một tính năng có liên hệ với tỉ lệ va chạm thấp hơn.

10.2.4 Các tác động của bố trí hệ thống xe buýt đến an toàn

Làn đường xe buýt ngược trong tất cả các trường hợp có tương quan đáng kể với tỉ lệ va chạm cao hơn đối với cả hai xe và người đi bộ (Bảng 17). Sự thống nhất của các kết quả trên các mô hình khác nhau cho thấy đối với các thành phố trong nghiên cứu này, làn đường ngược là một bố trí nguy hiểm cho hệ thống xe buýt. Kết luận này đã được tiếp tục chứng minh bằng phân tích dữ liệu trong thành phố mà mô hình thống kê có thể không được phát

Bảng 17 Tác động trung bình được tính dựa trên các hệ số từ mô hình nhị thức âm và tần suất va chạm Poisson từ thành phố Mexico, Porto Alegre, Guadalajara, và Bogotá

	Tác động trung bình có trọng số	% thay đổi về va chạm	Khoảng Tin cậy 95%
Mỗi lối vào bổ sung	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+78%	(+56%, +103%)
	Đụng xe	+65%	(+46%, +87%)
Chuyển đổi một nút giao cắt là ngã tư thành hai nút giao cắt chữ T	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	-66%	(-88%, -1%)
	Tất cả các va chạm	-57%	(-70%, -37%)
Mỗi làn đường bổ sung	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+17%	(+12%, +21%)
	Đụng xe	+14%	(+10%, +18%)
Chiều dài lối qua đường (mỗi mét bổ sung)	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+2%	(+0,04%, +4%)
	Va chạm với người đi bộ	+6%	(+2%, +9%)
Mỗi di chuyển rẽ trái được phép bổ sung	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+28%	(+14%, +48%)
	Đụng xe	-35%	(+11%, +75%)
Sự hiện diện của dải phân cách trung tâm	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	-35%	(-55%, -8%)
	Đụng xe	-43%	(-56%, -26%)
Khu vực chợ	Va chạm với người đi bộ	+94%	Không có sẵn *
Làn đường xe buýt ngược	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+83%	(+23%, +171%)
	Đụng xe	-35%	(+0,02%, +86%)
	Va chạm với người đi bộ	+146%	(+59%, +296%)
Điểm giao cắt chữ T điển hình	Đụng xe	+112%	(+27%, +253%)
Chiều dài đoạn đường phố (mỗi mức tăng 10 mét)	Va chạm gây tử vong hoặc thương tích	+3%	(+1%, +5%)
	Tất cả các va chạm	-2%	(-4%, -0,03%)
	Va chạm với người đi bộ	+5%	(+1%, +8%)
Cầu đi bộ trên đường cao tốc	Va chạm với người đi bộ	-84%	(-94%, -55%)
Cầu đi bộ trên con đường trục chính	Va chạm với người đi bộ	+67%**	(-23%, +262%)

* từ Duduta và cộng sự 2012 ** không đáng kể về mặt thống kê ở mức tin cậy là 95%

triển. Ví dụ, một phần của đường Nam ở Curitiba, Brazil, có tính năng một làn đường ngược đã làm tăng gấp bốn lần số lượng va chạm mỗi làn mỗi cây số so với phần còn lại của Tuyến Miền Nam, trong đó có một cấu hình làn trung tâm. Các phần tiếp theo cung cấp thêm thông tin về làn đường ngược.

Trong bảng 1 chúng tôi trình bày việc triển khai các BRT ở nhiều thành phố trên thế giới đã dẫn đến sự giảm đáng kể về mặt thống kê số lượng va chạm ở tất cả các cấp độ nghiêm trọng. Tuy nhiên, trong các mô hình tần suất vụ va chạm, một biến giả liên quan đến sự hiện diện của BRT đã không có tác động đáng kể mang tính thống kê đến

các va chạm và do đó không được đưa vào mô hình. Một biến giả tương tự cho các làn đường xe buýt sát lề cho thấy mối tương quan với tỉ lệ va chạm tăng, cho thấy rằng chúng có thể gây rủi ro an toàn.

Kết quả cho thấy an toàn đã được cải thiện không phải bởi sự hiện diện của chính BRT mà do thay đổi hình học đường cần thiết để thích ứng với BRT. Thật vậy, để có một BRT trên đường phố cần phải tạo ra hoặc mở rộng một phân cách trung tâm, do đó rút ngắn lối qua đường cho người đi bộ và chuyển một số ngã tư thành nút giao chữ T. Nó cũng bao gồm việc loại bỏ ít nhất hai, và thường lên đến bốn, đường giao thông hỗn hợp để thích ứng với cơ sở hạ tầng vận chuyển (làn đường và bến). Các biến đại diện cho các thay đổi được mô tả ở trên (ít hơn đường dẫn vào mỗi nút giao cắt, ít làn đường hơn, băng qua đường ngắn hơn, một phân cách trung tâm) đều có liên hệ với các tần suất các vụ va chạm thấp hơn và ý nghĩa thống kê trên tất cả các mô hình (Bảng 17).

10.2.5 Các làn đường ngược

Làn đường xe buýt ngược (Hình 84) thường được xây dựng trong các tình huống một đơn vị vận tải tìm cách triển khai dịch vụ xe buýt hai chiều trên một đường phố trước đó đã có một bố trí một chiều cho giao thông hỗn hợp. Một giải pháp phổ biến ở các thành phố Mỹ Latin là giữ bố trí một chiều cho giao thông hỗn hợp và thêm làn đường xe buýt hai chiều, hoặc trong các đường phố trung tâm (ví dụ, Eje 4 Sur, Mexico City) hoặc trên lề đường (ví dụ: , Eje Trung ương, Mexico City). Điều tiết rẽ trái thuận tiện hơn là một lý do phổ biến để sử dụng ngược. Thật vậy, xe thường có thể rẽ trái từ làn đường ngược mà không đòi hỏi có pha tín hiệu bảo vệ.

Bố trí đường phố khác nhau có thể được phân loại làm làn ngược (Hình 84). Tất cả chúng đều có chung một thực tế rằng chiếc xe và giao thông cho người đi bộ băng qua đường với dòng ngược sẽ gặp khó khăn trong việc hiểu được mô hình giao thông.



Ví dụ: Eje 1 Norte, Thành phố Mexico



Ví dụ: Eje 4 Sur, Thành phố Mexico



Ví dụ: Tuyến Metrobus, Istanbul

Hình 84 Ví dụ về bố trí ngược chiều với làn đường xe buýt

Nghiên cứu của chúng tôi chỉ ra rằng làn đường ngược có liên quan đến sự gia tăng va chạm ở tất cả các cấp độ nghiêm trọng (+ 83% và va chạm gây tử vong hoặc thương tích, + 146% và va chạm cho người đi bộ, + 35% và va chạm cho phương tiện cơ giới). Quan sát từ kiểm tra an toàn đường bộ và thẩm định được thực hiện trên các tuyến đường đô thị trên khắp các nước Mỹ Latinh cũng cho thấy rằng các làn ngược làm ảnh hưởng đến sự an toàn tuyến đường. Rủi ro chính nằm trong thực tế là làn ngược là một bố trí bất ngờ, và nhiều người đi đường có thể không lường trước xe đến từ một hướng ngược.

Chúng tôi khuyến nghị nên tránh các bố trí ngược bất cứ khi nào có thể và sử dụng đường phố với hệ thống ưu tiên xe buýt thay vì bố trí đường một chiều hoặc hai chiều điển hình. Nếu làn đường xe buýt hai chiều được dàn xếp trên một con đường một chiều, giải pháp tốt nhất là làm toàn bộ con đường hai chiều, trong đó có các tuyến đường giao thông hỗn hợp. Vấn đề rẽ trái nên được giải quyết bằng cách tăng chiều dài của đoạn bảo vệ rẽ trái hoặc bằng cách thay thế việc rẽ trái bằng đường vòng. Làn ngược không nên được coi là một lựa chọn tốt hơn cho việc rẽ trái.

Thành phố Mexico thời gian gần đây đã có những bước thay thế làn ngược hiện có. Một trong những ví dụ tốt nhất là trên Eje 3 Oriente Eduardo Molina, nơi thành phố gần đây triển khai Tuyến 5 của hệ thống Metrobus BRT. Các đường phố nổi bật lên với sự sắp xếp làn đường ngược phức tạp, với các làn đường ngược trung tâm và dòng chảy bình thường trong làn xe sát lề (Hình 85). Khi Metrobus Tuyến 5 được triển khai, các làn xe đã được chuyển sang một bố trí hai chiều điển hình (hình 86) và các khúc rẽ trái đã được loại bỏ và thay thế bằng các đường vòng. Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy sự thay đổi này sẽ cải thiện đáng kể về an toàn.



Hình 85 Eje 3 Oriente Eduardo Molina trước khi áp dụng các biện pháp can thiệp, cho thấy bố trí ngược chiều và sự chuyển đổi phương hướng khi lái xe



Hình 86 Eje 3 Oriente sau khi áp dụng các biện pháp can thiệp, cho thấy làn xe BRT cho Metrobus Tuyến 5 và cơ sở hạ tầng cho người đi bộ được cải thiện

10.2.6 Ảnh hưởng của hình học đường đến sự an toàn

Theo dự kiến, kết quả mô hình cho thấy rằng kích thước và độ phức tạp của nút giao thông dọc theo một tuyến xe buýt là yếu tố dự báo tốt hơn về tần suất số vụ va chạm so với bố trí của hệ thống xe buýt. Chỉ có khoảng 9% các va chạm xảy ra trên các tuyến xe buýt; phần lớn xảy ra ở các tuyến đường giao thông nói chung và không liên quan đến xe buýt.

Các vấn đề chính gồm số lượng các đường tiếp cận đến mỗi nút giao cắt, số lượng các làn xe ở mỗi đường cấp cận, và khoảng cách đi bộ qua tối đa. Các điểm giao cắt nơi mà xe chạy trên những đường ngang được phép băng qua tuyến xe buýt nguy hiểm hơn những điểm giao cắt chỉ cho phép rẽ phải. Nói cách khác, biến một nút giao cắt là ngã tư chuẩn thành hai nút giao chữ T bằng cách tiếp tục qua giải phân cách trên các đường phố chính sẽ cải thiện an toàn. Tuy nhiên, đây chỉ là trường hợp nếu tín hiệu đèn giao vẫn hiển thị. Thường trên các tuyến BRT, đèn hiệu giao thông được loại bỏ ngay tại nút giao cắt nếu đường cắt qua và đường ngang bị chặn. Điều này có thể cho phép xe buýt tiếp tục thông qua các điểm giao cắt mà không có sự trì hoãn, nhưng nó cũng đặt người đi bộ vào nguy cơ cao.

10.2.7 Ảnh hưởng của kích thước đoạn phố và tốc độ

Tốc độ được công nhận là một trong những yếu tố nguy cơ quan trọng trong an toàn giao thông. Mô hình tần suất tai nạn của chúng tôi không thể giải thích trực tiếp tốc độ như một biến độc lập, vì không có các phép đo tốc độ có sẵn cho các thành phần đường có trong mẫu của chúng tôi. Tuy nhiên, chúng tôi có thể kiểm tra tác động của tốc độ bằng cách sử dụng một ủy nhiệm: khoảng cách giữa các nút giao thông có tín hiệu đèn. Hiển nhiên, khoảng cách giữa các đèn hiệu giao thông là một yếu tố dự báo

quan trọng của tốc độ đi lại. Bảng 17 cho thấy các kết quả của các mô hình tần suất tai nạn cho các mức nghiêm trọng trong va chạm khác nhau. Những phát hiện từ Guadalajara cho thấy các phần có khoảng cách giữa các nút giao thông có bằng tín hiệu đèn càng xa (và do đó tốc độ cao hơn), thì tỉ lệ va chạm tổng thể thấp hơn. Điều này được giải thích bởi thực tế là nút giao thông ít hơn dẫn đến các điểm giao nhau ít đi. Tuy nhiên, trong khi có ít va chạm, những va chạm xảy ra có mức độ nghiêm trọng hơn và nhiều khả năng liên quan người đi bộ. Trên thực tế, các kết quả mô hình cho thấy đối với mỗi 10 mét thêm giữa các nút giao thông có tín hiệu đèn, làm giảm 2% tổng số va chạm nhưng tăng 3% trong va chạm nghiêm trọng và tăng 5% các va chạm liên quan đến người đi bộ.

10.2.8 Ảnh hưởng của việc sử dụng đất xung quanh tuyến đến sự an toàn

Các đường phố tương tự nhưng có bối cảnh sử dụng đất khác nhau có thể có những thông tin an toàn rất khác nhau. Mô hình của chúng tôi cho Mexico City xác nhận điều này bằng cách chỉ ra rằng việc sử dụng đất là yếu tố dự báo quan trọng của tần suất va chạm. Sự hiện diện của một chợ lớn gần tuyến là một trong những yếu tố dự báo mạnh nhất của va chạm cho người đi bộ ở Mexico City và liên quan đến sự gia tăng 94% trong các va chạm cho người đi bộ ở khu vực gần chợ Merced (chi tiết trong Duduta và cộng sự 2012). Sự gia tăng va chạm cho người đi bộ ở khu vực này có nguyên nhân không chỉ từ lượng người đi bộ cao hơn mà cả từ những rủi ro gia tăng liên quan đến bố trí của chợ. Ví dụ, gần chợ Merced ở Mexico City, các hàng rong thường chiếm tất cả hoặc hầu hết các không gian trên các vỉa hè, để lại không đủ không gian cho số lượng người đi bộ hiện có, buộc một số người đi bộ phải đi bộ trên các trục lộ giao thông và làm giảm tầm nhìn của người lái xe. Ví dụ này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xem xét bối cảnh đô thị của một đường phố ở thiết kế của nó, một yếu tố quan trọng trong khuyến cáo thiết kế của chúng tôi.

Định nghĩa

Thuật ngữ **xe buýt nhanh (BRT)** được áp dụng cho các hệ thống vận tải hành khách với các đặc tính rất khác nhau, và các thuật ngữ **BRT** và **đường xe buýt** đôi khi được dùng thay thế cho nhau trong tài liệu. Trong phần này, chúng tôi làm rõ các định nghĩa về các thuật ngữ đó và các thuật ngữ phổ biến khác liên quan đến việc vận tải hành khách bằng xe buýt mà chúng tôi sử dụng trong báo cáo này.

Chúng tôi sử dụng thuật ngữ **dịch vụ xe buýt thông thường** để chỉ các xe buýt hoạt động trong điều kiện giao thông hỗn hợp mà không cần bất kỳ làn đường dành riêng hoặc tín hiệu ưu tiên và tính năng thu phí trên xe. Đây là loại dịch vụ xe buýt phổ biến nhất trên toàn thế giới. Từ góc độ về mặt thể chế, từ này thường để chỉ xe buýt công cộng được vận hành bởi một cơ quan vận tải của thành phố (phổ biến ở các thành phố châu Âu và Bắc Mỹ). Chúng tôi phân biệt từ này với **dịch vụ vận tải hành khách không chính thức**, là sự sắp xếp phổ biến hơn ở một số thành phố Châu Phi hay Mỹ Latinh. Từ này thường liên quan đến phương tiện tư nhân (thường là xe tải hoặc xe buýt nhỏ) hoạt động theo mức độ giám sát quản lý khác nhau từ chính quyền thành phố.

Sự khác biệt về thể chế giữa vận tải hành khách thông thường và phi chính thức đóng một vai trò quan trọng trong sự an toàn. Các nhà cung cấp dịch vụ vận tải hành khách không chính thức thường cạnh tranh với nhau mà không cần bất kỳ sự giám sát trực tiếp cho vận hành an toàn. Họ thường không sử dụng điểm dừng hoặc các bến xe buýt cố định, điều này làm tăng thêm rủi ro. Dịch vụ xe buýt thông thường, mặt khác, không có động lực để tranh giành hành khách, và được hưởng lợi từ việc có một cơ quan điều hành duy nhất, có thể giám sát các vấn đề an toàn, bảo trì, và đào tạo lái xe.

Thuật ngữ **ưu tiên vận tải hành khách** không dùng để chỉ loại hình cụ thể nào của cơ sở hạ tầng mà chỉ một phân loại các cải tiến về cơ sở hạ tầng nhằm ưu tiên xe buýt hơn các phương tiện giao thông khác, trong đó bao gồm các tính năng như các làn xe buýt ưu tiên, làn đường xe buýt chuyên dụng, làn đường xe buýt vào giờ cao điểm, quyền vượt xe, tín hiệu ưu tiên, và đường xe buýt busway.

Chúng tôi sử dụng thuật ngữ **làn xe buýt ưu tiên** để chỉ đường dành cho xe buýt cũng có thể được sử dụng bởi các xe khác trong những điều kiện nhất định. Loại làn xe buýt ưu tiên phổ biến nhất là một làn sát lề mà có thể được sử dụng bởi xe buýt và bởi các xe muốn rẽ phải.⁶

Làn xe buýt chuyên dụng được dành riêng cho xe buýt, và không có bất cứ xe nào khác không khẩn cấp được phép sử dụng vào bất cứ lúc nào. **Làn xe buýt vào giờ cao điểm** chỉ được áp dụng như làn xe buýt chuyên dụng trong giờ cao điểm. Thông thường, một con đường có thể có một làn xe buýt vào giờ cao điểm theo một hướng cho giờ cao điểm sáng và theo hướng ngược lại cho giờ cao điểm chiều.

Làn xe buýt ngược chiều đề cập đến bất kỳ loại làn xe buýt (tức là, ưu tiên, vào giờ cao điểm, chuyên dụng) mà hoạt động trong tình trạng ngược chiều. Có ba kiểu bố trí ngược chiều mà chúng tôi phân loại trong nghiên cứu này:

- Làn đường một chiều nhiều làn xe cho giao thông hỗn hợp, đồng thời cũng có một làn xe buýt sát lề duy nhất di chuyển theo hướng ngược chiều với giao thông hỗn hợp (ví dụ, Miền Trung Eje, thành phố Mexico)
- Một cách bố trí các làn hai chiều cho giao thông hỗn hợp ở 1 bên phố và các làn 2 chiều cho xe buýt ở bên kia (ví dụ, các đường xe buýt busway ở Brisbane, một số các tuyến BRT tại Curitiba)
- BRT hai chiều ở trung tâm của một tuyến đường giao thông hỗn hợp một chiều (ví dụ, Metrobus tuyến 2 trên Eje 4 Sur, thành phố Mexico)

Quyền vượt xe là một tính năng thiết kế hình học cho phép xe buýt vượt qua các phương tiện giao thông khác tại một điểm giao cắt có sử dụng đèn hiệu. Cách bố trí điển hình nhất liên quan đến việc bổ sung thêm một làn đường xe buýt chuyên dụng để đến điểm giao cắt, khi mà xe buýt có thể di chuyển lên trước các xe khác và hạn chế tối đa sự chậm trễ. Nó có thể được kết hợp với **ưu tiên tín hiệu**. Chúng tôi sử dụng thuật ngữ ở đây để tham khảo các tính năng ưu tiên chủ động như tín hiệu được kích thích (tức là, tín hiệu có khả năng nhận diện một xe buýt đang đi đến và chuyển sang màu xanh lá cây).

Chúng tôi sử dụng **busway** để đề cập đến tình huống mà một con đường có cơ sở hạ tầng dành riêng cho xe buýt (làn đường và bến) ở giữa lòng đường hoặc trên đường ưu tiên. Một vài ví dụ điển hình bao gồm đường xe buýt busway ở Delhi hoặc đường xe buýt trên Avenida Protásio Alves hoặc Avenida Bento Gonçalves ở Porto Alegre. Sự khác biệt chính giữa đường xe buýt và **xe buýt nhanh (BRT)** là xe buýt nhanh có một vài cải tiến khác để nâng cao chất lượng dịch vụ, hầu hết thường bao gồm thu tiền vé ngoài xe, mức độ lên xe và kiểm soát hoạt động tập trung. Ví dụ BRT điển hình bao gồm TransMilenio ở Bogotá, Metrobus ở Mexico, hoặc Janmarg ở Ahmedabad.

Chúng tôi tiếp tục phân biệt các loại BRT và đường xe buýt khác nhau. Làn BRT **một làn** hoặc đường xe buýt có tính năng như một làn xe buýt dành riêng cho mỗi chiều (ví dụ, Metrobus, thành phố Mexico). BRT hoặc đường xe buýt với **làn vượt** thường có làn đường duy nhất giữa các bến và một làn bổ sung tại các bến cho phép dịch vụ CPN mà bỏ qua một số bến (ví dụ, TransOeste, Rio de Janeiro; Macrobus, Guadalajara). Cuối cùng, một làn BRT **nhiều làn xe** hoặc đường xe buýt với đặc điểm có ít nhất hai làn đường xe buýt busway chuyên dụng cho mỗi hướng cho hầu hết hoặc toàn bộ chiều dài của tuyến BRT (ví dụ, TransMilenio, Bogotá).

Lời cảm ơn

Dự án nghiên cứu này được tài trợ bởi Bloomberg Philanthropies.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn tất cả những người tham gia vào việc thu thập và phân tích dữ liệu, quá trình kiểm tra đường phố, cũng như những người chia sẻ kiến thức và ý kiến đóng góp của mình, hoặc tham gia kiểm tra thực tế.

Rebecca Jaffe của trường Đại học Rice đã đóng góp vào việc thu thập và phân tích dữ liệu cho Porto Alegre, Mexico City, và Bogotá. Qianqian Zhang của Viện Công nghệ Massachusetts đóng góp vào nghiên cứu về hành vi của người đi bộ tại nút giao cắt có tín hiệu đèn. Paula Manoela dos Santos da Rocha của EMBARQ Brazil đóng góp vào việc phân tích các tác động của các biện pháp đối phó an toàn với hiệu suất vận hành, sử dụng mô hình BRT của EMBARQ.

Saul Alveano Aguerrebere, Marco Tulio Priego Adriano, và Yorgos Voukas, từ EMBARQ Mexico, phối hợp thu thập dữ liệu cho các hệ thống Metrobus BRT ở thành phố Mexico và cho tuyến Macrobus BRT ở Guadalajara. Jesús Alberto Leyva Gutiérrez và Diego Monraz Villaseñor of the Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco cung cấp dữ liệu và chạm tại khu đô thị Guadalajara, trong khi Joel Ivan Zúñiga Gonsálvez của EPS (Estudios, Proyectos y Señalización Vial SA de CV) đã chia sẻ về tính toán giao thông ở thành phố Guadalajara, có ích trong việc phát triển các mô hình tần suất tai nạn.

Jorge Coxtinica Aguilar, Giám đốc Điều hành của Metrobus ở thành phố Mexico, cùng với Giám đốc kỹ thuật Jorge Casahonda Zentella và David Escalante Sánchez đã gặp gỡ với nhân viên EMBARQ và chia sẻ kinh nghiệm của họ về hệ thống Metrobus.

Mario Alberto Valbuena Gutiérrez, Giám đốc Điều hành, cùng với Giám đốc An toàn Carlos Gutiérrez, cũng như Martín Salamanca và Jaison Lucumí của TransMilenio SA đã chia sẻ dữ liệu và chạm của họ cho hệ thống TransMilenio BRT ở Bogotá và cùng với nhân viên EMBARQ đi thăm định tuyến TransMilenio. Myriam Haidee Carvajal López và Beatriz Elena Jurado Flores từ Bộ Giao thông vận tải Colombia cung cấp quyền truy cập thông tin từ cơ sở dữ liệu an toàn đường bộ quốc gia Colombia bao gồm các thành phố Bogotá, Cali, và Pereira.

Brenda Medeiros và Marta Obelheiro của EMBARQ Brazil đã phối hợp thu thập dữ liệu ở các thành phố tại Brazil, tham gia các cuộc kiểm tra và thăm tra hệ thống BRT Brazil cung cấp thông tin giá trị cho cuốn sách hướng dẫn này. Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) và Matricial Engenharia Consultiva Ltda. cung cấp dữ liệu và chạm và lượng giao thông của thành phố Porto Alegre. Urbanização de Curitiba SA (URBS) cung cấp dữ liệu và chạm cho tuyến BRT ở Curitiba. Empresa de Transporte e Transito de Belo Horizonte SA (BHTrans) cung cấp dữ liệu và chạm của một số tuyến xe buýt ở Belo Horizonte, trong khi Companhia de Engenharia de

Tráfego de São Paulo (CET-SP) cung cấp dữ liệu và chạm của đường xe buýt busway ở São Paulo.

Madhav Pai và Binoy Mascarenhas của EMBARQ Ấn Độ đã nỗ lực phối hợp thu thập dữ liệu của các thành phố của Ấn Độ, bao gồm cả tuyến BRTS ở Delhi và Janmarg BRT ở Ahmedabad.

Rob McInerney từ Chương trình đánh giá đường bộ quốc tế (iRAP) cung cấp dữ liệu về va chạm bộ hành trên đường xe buýt busway tại khu vực Đông Nam ở Brisbane, Bang Queensland, Úc.

Ricardo Rivera Salas và Vladimir Américo García Valverde từ Instituto Metropolitano Protransporte de Lima đã chia sẻ cơ sở dữ liệu các vụ va chạm trên Metropolitano BRT ở Lima.

Alexandre Castro, Giám đốc Điều hành cho Rio Ônibus, chia sẻ kinh nghiệm của mình về hoạt động và an toàn trên tuyến TransOeste BRT ở Rio de Janeiro như một phần của cuộc thăm định an toàn đường bộ.

Luis Rizzi và Diego Pinto từ trường Đại học Công giáo Chile đã cung cấp quyền truy cập dữ liệu và chạm của hệ thống xe buýt Transantiago ở Santiago de Chile và cũng cung cấp ý kiến có giá trị cho cuốn sách hướng dẫn này.

Ali Doğan Salva, Elif Can Yüce, và Serdar Oncel từ EMBARQ Thổ Nhĩ Kỳ phối hợp thu thập dữ liệu cho Istanbul và tham gia thăm tra an toàn đường bộ của Metrobus BRT ở Istanbul. Mumin Kahveci và nhân viên của mình tại Istanbul Elektrik Tramvay ve tunel (İETT, cơ quan trung chuyển của Istanbul) đã chia sẻ dữ liệu và chạm cũng như kinh nghiệm liên quan đến an toàn và hoạt động trên Metrobus BRT, và cũng hỗ trợ một bản dịch tiếng Thổ Nhĩ Kỳ cho phiên bản thử nghiệm của tài liệu này.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Tawia Addo Ashong từ Bộ phận An toàn Đường bộ Toàn cầu của Ngân hàng Thế giới (GRSF) và Karla Gonzalez Carvajal của Ngân hàng Thế giới vì đã tổ chức các cuộc hội thảo và các buổi đào tạo về cuốn sách hướng dẫn này tại Washington, DC, và ở Addis Ababa, đã cung cấp các cơ hội tiếp nhận thông tin phản hồi có giá trị trong sách hướng dẫn này từ các chuyên gia và các bên liên quan tại địa phương.

Các tác giả cũng xin ghi nhận ý kiến đóng góp quý báu của Fred Wegman, Jacques Commandeur, và Atze Dijkstra (SWOV - Viện Nghiên cứu Quốc gia về An toàn Đường bộ Hà Lan), Steve Lawson (iRAP), Tony Bliss, Said Dahdah, Sam Zimmerman, O. P. Agarwal (Ngân hàng Thế giới), Subu Kamal, Sanjay Vadgama (Phòng thí nghiệm Nghiên cứu Giao thông Vận tải), Lilia Blades (UN Habitat), César Durán Arróspide (Thành phố Arequipa, Peru), Juan Carlos Muñoz (Đại học Công giáo Chile), Alexandra Rojas và Claudia Puentes (Fondo de Prevención Vial, Colombia), Janet Ranganathan, Holger Dalkmann, Clayton Lane, David Tomberlin, Benjamin Welle, Aileen Carrigan, Aaron Minnick, Benoit Colin, Heshuang Zeng, Katherine Filardo (Viện Tài nguyên Thế giới), Paulo Custodio, và Gerhard Menckhoff.

Tham khảo

- Barnett, A. G., J. C. van der Pols, và A. J. Dobson. Năm 2004. "Hỏi quy Trung bình: Là gì và Cách Đối phó." *Tạp chí Quốc tế về Dịch tễ học* 34, số. 1: 215–20.
- BITRE (Cục Hạ tầng, Giao thông Vận tải, Kinh tế Khu vực). Năm 2009. *Chi phí Va chạm Đường bộ ở Úc năm 2006*. Báo cáo 118. Canberra: BITRE, tháng Mười Một.
- Blincoe, L. J., A. G. Seay, E. Zaloshnja, T. R. Miller, E. O. Romano, S. Luchter, và R. S. Spicer. Năm 2002. *Tác động về khía cạnh kinh tế từ các vụ va chạm với Phương tiện Cơ giới, năm 2000*. Báo cáo DOT mã HS 809 446. Washington, DC: Bộ Giao thông Vận tải, Tổng cục An toàn Xa lộ Hoa Kỳ.
- Bocarejo, J. P., J. M. Velasquez, C. A. Diaz, và L. E. Tafur. Năm 2012. "Tác động của Hệ thống BRT với An toàn Đường bộ: Những bài học từ Bogota." Báo cáo trình bày tại Hội nghị Thường niên của Hội đồng Nghiên cứu Giao thông Vận tải, Washington DC.
- Carrigan, A., R. King, J. M. Velasquez, M. Raifman, và N. Duduta. 2013. *Các Tác động Xã hội, Môi trường và Kinh tế của Hệ thống BRT*. Washington, DC: EMBARQ.
- Cooper, J., R. J. Schneider, S. Ryan, và S. Co. 2012. "Ghi chép về Hành vi mục tiêu liên quan tới An toàn của Người đi bộ." Tài liệu trình bày tại Hội nghị Thường niên lần thứ 91 của Ban Nghiên cứu Giao thông, Washington, DC, tháng Giêng.
- Cropper, M., và S. Sahin. Năm 2012. "Định giá Tỷ lệ tử vong và Tỷ lệ thương tật trong Bối cảnh rủi ro Thiên tai." Tài liệu tham khảo cho đánh giá của Ngân hàng Thế giới và LHQ về Giảm nhẹ Rủi ro Thiên tai, Washington, DC.
- Diogenes, M. C. và L. A. Lindau. Năm 2010. "Đánh giá An toàn của Người đi bộ tại Khối Giao thôn ở Porto Alegre, Brazil." *Biên bản Nghiên cứu Giao thông Vận tải: Tạp chí của Ban Nghiên cứu Giao thông*, số. 2193: 37–43.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, và R. Jaffe. Năm 2012. "Hiểu về Tác động An toàn Đường bộ của BRT Hiệu suất Cao và các Đặc tính Thiết kế đường xe buýt busway." *Hồ sơ Nghiên cứu về Giao thông* 2317: 8–16.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, và P. dos Santos da Rocha. 2013. "Mối quan hệ giữa An toàn, Năng lực Vận tải, và Tốc độ Vận hành đến Hệ thống Xe buýt Nhanh." Tài liệu trình bày tại Hội nghị thế giới lần thứ 13 về Nghiên cứu Giao thông vận tải (WCTR), Rio de Janeiro.
- Duduta, N., L. A. Lindau, và C. Adiazola-Steil. 2013. "Sử dụng Empirical Bayes để Ước tính Tác động An toàn của Các cải tiến Trung chuyển ở Mỹ Latinh." Tài liệu trình bày tại Hội nghị Quốc tế về An toàn và Mô phỏng Đường bộ, RSS 2013, Rome.
- Duduta, N., Q. Zhang, và M. Kroneberger. Năm 2014. "Tác động của Thiết kế Nút Giao cắt tới Quyết định của Người đi bộ khi Sang đường lúc Đèn đỏ." Ghi chép Nghiên cứu về Giao thông vận tải.
- Dumbaugh, Eric, và R. Rae. Năm 2009. "Mẫu Đô thị An toàn: Xem xét Mối quan hệ giữa Thiết kế Cộng đồng và An toàn giao thông." *Tạp chí của Hiệp hội Quy hoạch Hoa Kỳ* 75, số 3: 309–29.
- Elvik, R., và T. Vaa. Năm 2008. *Sổ tay Hướng dẫn các Biện pháp An toàn Đường bộ*. Bingley, Vương quốc Anh: Emerald Group.
- Esperato, A., D. Bishai, và A. Hyder. Năm 2012. "Dự kiến các Tác động tới Sức khoẻ và Kinh tế của Những sáng kiến An toàn Đường bộ: Một Nghiên cứu về Dự án Đa quốc gia." *Ngăn ngừa Chấn thương do Va chạm giao thông*, 13, bổ sung 1: 82–89.
- Goh, K. C. K., G. Currie, M. Sarvi, và D. Logan. 2013. "Điều tra về Tác động an toàn đường bộ của các Biện pháp Ưu tiên Xe buýt Nhanh." Tài liệu trình bày tại Hội nghị thường niên lần thứ 92 của Ban nghiên cứu giao thông, Washington DC.
- Hidalgo, D., và A. Carrigan. Năm 2010. *Hiện đại hóa giao thông công cộng: Bài học kinh nghiệm từ Các cải tiến xe buýt chủ yếu ở châu Mỹ Latinh và châu Á*. Washington, DC: Viện Tài nguyên Thế giới.
- Híjar, M., A. Chandran, R. Pérez-Núñez, J. C. Lunnen, J. M. Rodríguez-Hernández, và A. Hyder. Năm 2011. "Định lượng Gánh nặng bị đánh giá thấp của Tỷ lệ tử vong ở giao thông đường bộ ở Mexico: Sự so sánh của ba phương pháp tiếp cận." *Phòng ngừa Chấn thương bởi va chạm giao thông* 13, bổ sung. 1: 5–10.
- Klaver Pecheux, K., và H. Saporta. Năm 2009. "Xe đi trên đường sắt nhẹ va chạm với phương tiện khác tại nút giao thông sử dụng tín hiệu đèn: Tổng hợp trung chuyển thực tiễn." Tổng hợp TCRP 79. Washington, DC: Ban nghiên cứu giao thông.
- Ladrón de Guevara, F., S. P. Washington, và J. Oh. Năm 2004. "Dự báo Tai nạn tại cấp độ Quy hoạch: Mô hình va chạm Nhị thức Âm đồng thời áp dụng ở Tucson, Arizona." *Biên bản Nghiên cứu Giao thông Vận tải: Tạp chí của Ban nghiên cứu giao thông* 1897: 191–99.
- Moreno González, E.G., M.G. Romana, và O.M. Alvaro. 2013. "Hiệu quả của Các Làn Xe buýt Chuyên biệt trong các Tuyến đường." Báo cáo trình bày tại Hội nghị thường niên lần thứ 92 của Ban nghiên cứu giao thông, Washington, DC, tháng Giêng.
- NACTO. Năm 2011. *Hướng dẫn Thiết kế Đường dành cho xe đạp ở Đô thị*. Washington, DC.
- Pereira, B. M., L. A. Lindau, and R. A. Castilho. Năm 2010. "Tầm quan trọng của mô phỏng hệ thống Quá cảnh Nhanh cho Xe buýt." Trong *biên bản CLATPU XVI*. Thành phố Mexico.
- Rickert, T. 2007. *Hướng dẫn Quá cảnh Nhanh cho Xe buýt*. Washington, DC: Ngân hàng thế giới.
- Rosen, E., và U. Sander. Năm 2009. "Nguy cơ tử vong cho người

đi bộ bị tác động từ Tốc độ lái xe." *Phân tích & Phòng ngừa Tai nạn* 41, số 3: 536–42.

Ban Nghiên cứu Giao thông vận tải (TRB). Năm 2010. "Nút giao thông sử dụng tín hiệu đèn. Phương thức cho người đi bộ." Trong *Hướng dẫn sử dụng Đường cao tốc (HCM)*. Ban nghiên cứu giao thông, Washington, DC.

Vuchic, V. 2007. *Quá cảnh tại Thành phố: Các hệ thống và Công nghệ*. Hoboken, NJ: Wiley và các Con trai.

Tổ chức Y tế Thế giới. 2013. *Báo cáo Thực trạng toàn cầu về An Toàn Giao Thông Đường bộ*. Geneva: Tổ chức Y tế Thế giới.

Wright, L., và W. Hook, biên tập. Năm 2007. *Hướng dẫn Quy hoạch Xe buýt nhanh*, tái bản lần thứ 3. New York: Viện Giao thông vận tải và Chính sách phát triển.

Yazıcı, M.A., H. Levinson, M. Ilıcali, N. Camkesen, và C. Kamga. 2013. Một trường hợp nghiên cứu về Xe buýt nhanh: Hệ thống Metrobus của Istanbul. *Tạp chí Giao thông công cộng* 16, số 1, 153-177

Zhou, Z., G. Ren, W. Wang, Z. Yong, và W. Wang. Năm 2011. "Các Hành vi qua đường của Người đi bộ tại nút Giao thông sử dụng tín hiệu đèn: Nghiên cứu thông qua Quan sát và Khảo sát tại Trung Quốc." Tài liệu trình bày tại Hội nghị thường niên lần thứ 90 của Ban nghiên cứu giao thông, Washington, DC, tháng Giêng.

Chú thích

- 1 Truy cập brtdata.org cho các thông tin về tình trạng hiện tại của dự án BRT trên toàn thế giới.
- 2 Dự kiến bằng giá trị của một cuộc sống thống kê (VSL; xem chương 10.1, cho các định nghĩa và chi tiết) dựa trên phân tích chi phí-lợi ích được thực hiện cho hệ thống BRT tại thành phố Mexico và Bogotá (xem Carrigan và cộng sự Năm 2013).
- 3 Nguồn: Phân tích của EMBARQ; Duduta, Lindau, Adriaola-Steil năm 2013; Goh và cộng sự 2013. Các phương pháp sử dụng bao gồm thực nghiệm Bayes (Guadalajara và Melbourne), so sánh các va chạm được tính trong khi kiểm soát các xu hướng trên toàn thành phố (thành phố Mexico, Bogotá), và so sánh các va chạm tính được trước-sau (Ahmedabad).
- 4 Các định nghĩa, hiệu chỉnh, và những ứng dụng trước đây của Mô phỏng BRT của EMBARQ có thể được tìm thấy ở Pereira, Lindau, và Castilho 2010.
- 5 Dự toán EMBARQ, dựa trên các loại cửa quay và phương thức thanh toán được sử dụng trên các Metrobus BRT ở Istanbul.
- 6 Điều này dùng để chỉ tình huống trong đó lái xe đi ở phía bên phải đường. Trừ khi chúng tôi đặc biệt lưu ý, nếu không, chúng tôi luôn luôn đề cập đến những tình huống trong đó lái xe đi ở phía bên phải đường trong báo cáo này.

Danh mục các hình

Hình 1	Tác động về an toàn trong tổng lợi ích kinh tế của một BRT điển hình tại Mỹ Latinh.....	4
Hình 2	Thay đổi về cơ sở hạ tầng đường phố để thích ứng với một BRT điển hình tại Mỹ Latinh (ở đây là Macrobús, Guadalajara) và lợi ích an toàn liên quan của chúng (ảnh: ITDP/flickr)....	8
Hình 3	Các vụ va chạm ở Calzada Independencia, Guadalajara, từ 2007-2011.....	8
Hình 4	Tử vong trên tuyến xe buýt ở người đi bộ (bao gồm dữ liệu từ thành phố Mexico, Guadalajara, Delhi, Ahmedabad, Curitiba, Porto Alegre, và Belo Horizonte)	10
Hình 5	Các loại va chạm thường gặp trên làn đường xe buýt busway trung tâm và các BRT	11
Hình 6	Các loại va chạm thường gặp trên đường xe buýt sát lề	12
Hình 7	Các loại va chạm thường gặp tại các bến chính trên các làn BRT nhiều làn xe	13
Hình 8	Người đi bộ băng qua tuyến BRTS Delhi ở giữa phố	23
Hình 9	Lối qua đường ở giữa phố trên trục đô thị chính	24
Hình 10	Người đi bộ đi ẩu qua làn đường xe buýt trên BRT TransMilenio ở Bogotá	25
Hình 11	Va chạm theo vị trí ở Porto Alegre: Được tính toán từ một cơ sở dữ liệu va chạm do Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) cung cấp, Porto Alegre, 2011	25
Hình 12	Lối qua đường ở giữa phố trên một con phố hẹp.....	26
Hình 13	Người đi bộ đi ẩu dưới gầm cầu dành cho người đi bộ ở Arequipa, Peru	27
Hình 14	Người đi bộ nhảy qua lan can và đi ẩu qua tuyến xe buýt busway ở Delhi, gần cầu dành cho người đi bộ	27
Hình 15	Thiết kế đường cho làn xe sát lề	28
Hình 16	Người đi bộ bước đi trên làn đường xe buýt sát lề Eje 1 Oriente ở Mexico City	29
Hình 17	Các va chạm liên quan đến xe buýt, theo loại, trên tuyến xe buýt lề đường Eje Central, Thành phố Mexico (2006-2010)	29
Hình 18	Người đang đẩy giỏ hàng hóa trên làn đường xe buýt sát lề Eje Central, Thành phố Mexico.....	29
Hình 19	Bến BRT TransOeste ở Rio de Janeiro	30
Hình 20	Sơ đồ minh họa cách quay bán kính hẹp và mở rộng lề đường (màu đỏ) có thể được sử dụng để làm giảm diện tích của một điểm giao cắt.	35
Hình 21	Khoảng trống và các đảo trú chân	36
Hình 22	Ví dụ về một điểm giao cắt có hoặc không có ký hiệu đường giao nhau	37
Hình 23	Ví dụ về cách xử lý làn đường mất cân bằng bằng cách bỏ các làn đường trên một đường vào, hoặc tạo các biển chỉ cho phép rẽ	38
Hình 24	Lựa chọn đường vòng 1: Bắt đầu từ sau điểm giao cắt cấm rẽ trái	39
Hình 25	Lựa chọn đường vòng 2: Bắt đầu từ trước điểm giao cắt cấm rẽ trái	39
Hình 26	Thiết kế đề xuất cho hai lựa chọn đường vòng	39
Hình 27	Ngã tư chính, không rẽ trái	40
Hình 28	Chi tiết về các chỗ dừng chân cho người đi bộ.....	41
Hình 29	Ngã tư chính, được rẽ trái	42
Hình 30	Sơ đồ va chạm: Phổ biến nhất là loại va chạm liên quan đến các xe buýt trên BRT làn trung tâm hoặc tuyến xe buýt busway: Xe rẽ trái luật ở phía trước của xe buýt.....	43

Hình 31	Điểm giao cắt với đường xe đạp	44
Hình 32	Ví dụ về ký hiệu và các đánh dấu cho làn đường xe đạp	45
Hình 33	Ngã tư phụ, thông qua đường ngang	46
Hình 34	Đường ngang bị chặn	47
Hình 35	Ngã tư phụ, xe đạp được rẽ	48
Hình 36	Giai đoạn đầu tiên của rẽ trái: Người đi xe đạp cần tiếp tục đi thẳng dọc theo tuyến BRT khi đèn xanh, dừng lại ở phía bên phải, và chờ ở đó cho tới khi đèn hiệu chuyển màu.	49
Hình 37	Giai đoạn thứ hai khi rẽ trái: Khi đèn hiệu chuyển sang màu xanh tại đường ngang, người đi xe đạp có thể đi qua tuyến BRT cùng với các phương tiện khác.	49
Hình 38	Điểm giao cắt BRT sát lề	50
Hình 39	Quy hoạch cách tiếp cận điểm giao cắt dọc theo tuyến xe buýt.	50
Hình 40	Các điểm giao cắt với làn ưu tiên xe buýt hoặc giao thông hỗn hợp	51
Hình 41	So sánh dữ liệu an toàn đường bộ đối với ba loại tuyến xe buýt ở Guadalajara, Mexico	51
Hình 42	Phương tiện liên quan đến va chạm trên một tuyến xe buýt sát lề ở Guadalajara (Avenida Alcalde)	51
Hình 43	Người đi bộ sang đường khi đèn đỏ ở trung tâm trung chuyển Eminönü ở Istanbul (ảnh trái) và tại bến xe nhanh Salvador Allende ở Rio de Janeiro (hình phải).	52
Hình 44	Tỉ lệ phần trăm người đi bộ băng qua đèn đỏ tại một điểm giao cắt sử dụng đèn hiệu, theo độ trễ tín hiệu cho người đi bộ (theo Duduta, Zhang, và Kroneberger 2014)	54
Hình 45	Người đi bộ ở Rio de Janeiro sang đường lúc đèn đỏ khi mà các phương tiện giao thông phải dừng lại	55
Hình 46	Các biển báo giao thông và ký hiệu đánh dấu vỉa hè mới cho thấy sự chấm dứt của làn đường chung và sự khởi đầu của làn xe buýt chuyên dụng, nơi các phương tiện giao thông khác phải rẽ phải.	57
Hình 47	Thiết kế điểm giao cắt điển hình và dịch vụ trung chuyển ở trung tâm lịch sử của thành phố México sau khi Metrobus Tuyến 4 được đưa vào hoạt động.	56
Hình 48	Người đi bộ chạy trên làn đường xe buýt để cố gắng vào bến mà không phải trả tiền vé, tại TransMilenio.	61
Hình 49	Lối vào bến xe buýt trên một tuyến đường trong thành phố	60
Hình 50	Khu vực dành riêng cho người đi bộ chặn kín người ở lối ra của bến Calle 72 tại TransMilenio.	61
Hình 51	Bến ở dải phân cách giữa	62
Hình 52	Người đi bộ băng qua làn xe buýt để tới một bến TransMilenio	62
Hình 53	Cửa chắn tại một bến BRT ở Curitiba. Cửa được mở ra, ngay cả khi không có chiếc xe buýt nào xuất hiện. Đây là một rủi ro về an toàn tại một bến đông người, khi hành khách có thể vô tình lọt vào làn đường xe buýt.	62
Hình 54	TransMilenio 2006.	63
Hình 55	TransMilenio 2011	63
Hình 56	Hành khách đẩy các cửa chắn mở ra tại một bến TransMilenio.	63
Hình 57	Làn cao tốc	64
Hình 58	Va chạm giữa các xe buýt tại bến xe	65
Hình 59	Người đi bộ rời khỏi một bến xe buýt tuyến nhánh TransMilenio qua một lối ra không được phép.	66

Hình 60	Lối vào bến xe	66
Hình 61	Người đi bộ đi đầu từ một bến xe trên tuyến BRT ở Delhi	67
Hình 62	Người đi bộ đi đầu qua làn đường xe buýt để đến sân bến trên tuyến BRT ở Delhi.	67
Hình 63	Một sự điều động xe buýt quanh một phương tiện dừng lại ở một bến xe buýt sát lề Transantiago, Santiago de Chile.	68
Hình 64	Bến xe buýt sát lề	68
Hình 65	Làn xe buýt ưu tiên và xe buýt thông thường	69
Hình 66	Các bến Mecidiyeköy trên Metrobus BRT ở Istanbul.	70
Hình 67	Các loại hình va chạm gây thương tích phổ biến nhất liên quan đến xe BRT hoạt động trên một đường cao tốc ...	72
Hình 68	Khái niệm thiết kế minh họa một sự kết hợp của rào chắn kép và một lan can cao, được khuyến cáo sử dụng cho các BRT chạy trên đường cao tốc	73
Hình 69	Bên trái: Một lối vào bến xe bị tắc nghẽn trong giờ cao điểm vào buổi tối tại Cevizlibağ, trong một phần cũ của tuyến Metrobus; Bên phải: một lối vào bến được cải thiện với cửa quay trên một quảng trường cho người đi bộ bên trên tuyến tại Haramidere, trên một phần mở rộng gần đây phía tây của Metrobus.	74
Hình 70	Khái niệm thiết kế nhằm mục đích tăng sức chứa hành khách và giảm tình trạng quá tải tại một bến BRT ở dải phân cách trên đường cao tốc	75
Hình 71	Ảnh chụp từ trên cao của Indios Verdes, thành phố Mexico, một điểm chuyển giao giữa các Metrobus BRT, Xe điện ngầm, và các xe buýt nhỏ nối liền từ phía Bắc đến Estado de Mexico. Hình ảnh của Google Earth.	78
Hình 72	Chuyển tuyến giữa các tuyến xe trục chính	80
Hình 73	Sơ đồ minh họa tình huống va chạm có thể xảy ra giữa xe buýt rẽ phải và xe đang đi thẳng. Loại va chạm này đã được báo cáo tại TransMilenio.	81
Hình 74	Lối giao nhau giữa ba tuyến TransMilenio.	81
Hình 75	Chuyển qua một điểm giao cắt	82
Hình 76	Chuyển tuyến giữa các tuyến xe trục chính	84-85
Hình 77	Bến cuối hỗn hợp	86
Hình 78	Hình ảnh về cách bố trí điển hình cho một bến tại TransMilenio. Bên trái: xe buýt chạy tuyến nhánh có màu xanh dừng ở phía bên trái của bến cuối. Bên phải: các xe buýt nối tuyến chạy trục chính có màu đỏ dừng ở phía bên phải của cùng bến cuối đó.	87
Hình 79	Lối vào bến hỗn hợp	88
Hình 80	Ví dụ về bố trí bến cuối.	89
Hình 81	Chuyển sang các dịch vụ xe buýt địa phương	90
Hình 82	Kết hợp một mạng lưới xe đạp	91
Hình 83	Lợi ích an toàn theo tỉ lệ trong tổng lợi ích kinh tế của hệ thống xe buýt nhanh	98
Hình 84	Ví dụ về bố trí ngược chiều với làn đường xe buýt	102
Hình 85	Eje 3 Oriente Eduardo Molina trước khi áp dụng các biện pháp can thiệp, bố trí ngược chiều và sự chuyển đổi phương hướng khi lái xe.	103
Hình 86	Eje 3 Oriente sau khi áp dụng các biện pháp can thiệp, làn xe BRT cho Metrobus Tuyến 5 và cơ sở hạ tầng cho người đi bộ được cải thiện	103

Danh mục Bảng biểu

Bảng 1	Tác động an toàn của việc ưu tiên xe buýt	7
Bảng 2	Tác động an toàn của những thay đổi về cơ sở hạ tầng chung liên quan đến việc triển khai các hệ thống ưu tiên xe buýt	9
Bảng 3	Kết quả đánh giá tác động an toàn trên các hệ thống ưu tiên xe buýt ở Mỹ Latinh, Ấn Độ và Úc	10
Bảng 4	Tác động an toàn của bố trí làn đường xe buýt busway	15
Bảng 5	Tốc độ 85 phần trăm được đề xuất cho các loại đường bộ khác nhau.	20
Bảng 6	Các tác động An toàn của cầu cho người đi bộ	27
Bảng 7	Kết quả Mô phỏng cho các kịch bản 2016	33
Bảng 8	Tác động an toàn của các yếu tố thiết kế đường phố và nút giao cắt.	36
Bảng 9	Tác động an toàn tiềm năng khi bỏ việc rẽ trái từ một nút giao cắt.	42
Bảng 10	Tác động An toàn khi chuyển đổi một nút giao cắt thành hai nút giao thông chữ T	46
Bảng 11	Mô hình logit nhị phân dự đoán lựa chọn của người đi bộ khi băng qua đèn đỏ tại nút giao thông sử dụng tín hiệu đèn	53
Bảng 12	Ví dụ về bố trí tín hiệu và chậm trễ tương ứng của người đi bộ.	54
Bảng 13	Tốc độ trung bình tiêu biểu theo phương thức và kiểu vận hành.	72
Bảng 14	Tác động an toàn của các loại hệ thống xe buýt khác nhau	95
Bảng 15	Giá trị và phạm vi VSL từ các nước phát triển.	96
Bảng 16	Chi phí từ các chấn thương liên quan đến va chạm giao thông, dựa trên Hướng dẫn Phân tích Giao thông vận tải của DfT (TAG)	97
Bảng 17	Tác động trung bình được tính dựa trên các hệ số từ mô hình nhị thức âm và tần suất va chạm Poisson từ thành phố Mexico, Porto Alegre, Guadalajara, và Bogotá	101

Nguồn Ảnh:

EMBARQ/ EMBARQ Mexico / EMBARQ Brazil

Bìa, Bìa trong, Các hình: 8, 10, 13, 14, 16, 18, 19,
32, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 61,
62, 63, 66, 69, 71, 78, 85, 86

Trang: 10, 16, 17, 18, 22, 34, 58, 92, 93

Guadalajara BRT: Hình ảnh Flickr Bernardo

Baranda Sepúlveda / ITDP 2009

Hình: 2

Lucho Molina- Hình ảnh Flickr

Hình: 56

Dữ liệu bản đồ: Google, DigitalGlobe, INEGI

Trang: 76

Dữ liệu bản đồ: Google, DigitalGlobe

Hình: 74, 80

Mã số: 978-1-56973-877-1

**EMBARQ**

Phố 10 G, NE, Hộp 800
Washington, DC 20002
Hoa Kỳ
+1 (202) 729-7600

**EMBARQ BRASIL**

Đại lộ Independência,
1299/ 401, Porto Alegre, RS,
Brasil 90035-077
+55 (51) 33126324

**EMBARQ TRUNG QUỐC**

Số 0902, Tòa A Chaowai SOHO
Số 6 Yi
Chaowai Dajie, Quận Triều Dương
Bắc Kinh 100020, Trung Quốc
+86 10 5900 2566

**EMBARQ ẤN ĐỘ**

Dinh cơ Godrej và Boyce
Ngõ Gaswork, Lalbaug
Parel, Thành phố Mumbai 400012
+91 22 24713565

**EMBARQ MEXICO**

Số 8 Đường Calle Belisario Dominguez,
Planta Alta
Biệt thự Colonia Coyoacán, C.P. 04000
Delegacion Coyoacán, México D.F.
+52 (55) 3096-5742

**EMBARQ TÜRKİYE**

Sürdürülebilir Ulaşım Derneği
Gümüşsuyu Mah. İnönü Cad.
No:29 Saadet Apt. Kat:6 D:7
Taksim, Beyoğlu, İstanbul
Tel: 0 (212) 243 53 05

Một chương trình của



WORLD RESOURCES INSTITUTE



EMBARQ, thuộc Trung tâm WRI Ross vì Thành phố Bền vững, là một mạng lưới toàn cầu giúp các thành phố tạo nên hệ thống giao thông bền vững.

EMBARQ tương tác và giúp thực hiện các giải pháp giao thông đô thị và quy hoạch đô thị bền vững về mặt môi trường, xã hội và tài chính, để cải thiện chất lượng cuộc sống của người dân ở các thành phố. Được thành lập vào năm 2002 như một chương trình của Viện Tài nguyên Thế giới (WRI), EMBARQ hoạt động thông qua một mạng lưới toàn cầu có trụ sở tại Brazil, Trung Quốc, Ấn Độ, Mexico và Thổ Nhĩ Kỳ.

Mạng lưới EMBARQ hợp tác với chính quyền địa phương và quốc gia, doanh nghiệp, viện nghiên cứu và tổ chức xã hội để giảm thiểu ô nhiễm, cải thiện sức khỏe cộng đồng, và tạo ra các không gian công cộng đô thị an toàn, dễ tiếp cận và hấp dẫn cùng với các hệ thống giao thông hỗn hợp. EMBARQ đã xây dựng được thương hiệu toàn cầu về kinh nghiệm địa phương của mình, cũng như giải quyết các chính sách và tài chính quốc gia và quốc tế. Truy cập www.embarq.org để biết thêm thông tin chi tiết

www.embarq.org