

Chương 3

KHẢ NĂNG THÔNG QUA VÀ MỨC PHỤC VỤ CỦA ĐƯỜNG VÀ NÚT GIAO THÔNG CÙNG MỨC

3.1. KHẢ NĂNG THÔNG QUA VÀ MỨC ĐỘ PHỤC VỤ CỦA ĐƯỜNG

3.1.1. Khái niệm chung

Lưu lượng xe lớn nhất có thể thông qua mặt cắt ngang của đường được gọi là **khả năng thông qua** hay **năng lực của đường**. Việc tính toán khả năng thông qua và lưu lượng xe cho phép qua mặt cắt ngang đường là để:

- Đánh giá chất lượng giao thông trên đoạn đường hiện có;
- Thiết kế và xây dựng đường (xác định kích thước mặt cắt ngang).

Khi tính toán khả năng thông qua phải đảm bảo dòng giao thông qua mặt cắt ngang là dòng xe thuần nhất. Tùy theo điều kiện đường và giao thông trên đường mà phân thành những đoạn đường có cùng đặc điểm, sau đó người ta xác định khả năng thông qua của từng đoạn.

Để xác định các thông số phục vụ cho việc tính toán khả năng thông qua của đường thì phải thực hiện đo lường các thông số của dòng giao thông. Các giá trị đo (ví dụ lưu lượng giao thông, quãng cách thời gian giữa các xe, khoảng cách giữa các xe, tốc độ xe) phải được thực hiện dưới điều kiện chạy xe an toàn trong dòng xe khảo sát. Vì phần mặt đường dành cho xe cơ giới bao gồm nhiều làn xe, nên khả năng thông qua của mặt cắt ngang phải được xác định theo số lượng các làn xe. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng thông qua có thể được sắp xếp thành các nhóm sau:

- **Điều kiện đường**

Bề rộng làn, số lượng làn, thiết kế mặt cắt ngang (dải phân cách, làn dừng xe), bó vỉa mép mặt đường, tình trạng mặt đường, tầm nhìn, độ dốc dọc, bán kính đường cong.

- **Điều kiện giao thông**

Giao thông hỗn hợp, chất lượng xe, loại xe, hành vi chạy xe.

- **Các điều kiện khác**

Luật (tốc độ giới hạn), thời tiết, thời gian trong ngày, ngày trong tuần, mùa.

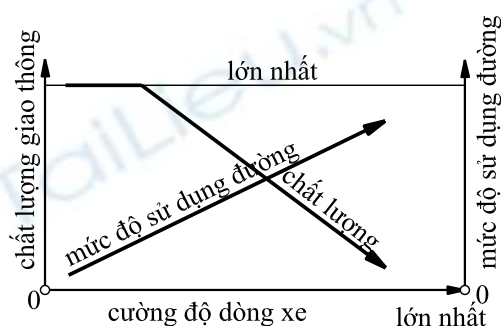
Mỗi thông số có sự ảnh hưởng khác nhau đến khả năng thông qua của mặt cắt ngang đường. Chúng là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến kết quả tính toán khả năng thông qua.

Phiên bản đầu tiên tính toán khả năng thông qua của đường được in trong cuốn “Highway Capacity Manual” xuất bản năm 1950 (TRB, 1950) (trong chuyên ngành kĩ thuật giao thông phần lớn gọi tắt là HCM 1950). Dưới những điều kiện đường và

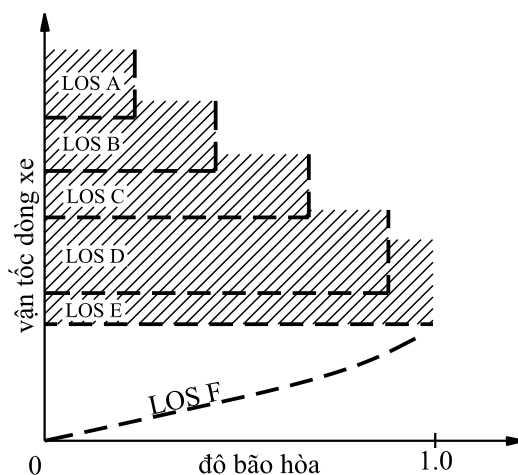
giao thông đã cho thì khả năng thông qua được định nghĩa là lưu lượng xe lớn nhất có thể thông qua mặt cắt ngang. Thêm vào đó, thuật ngữ khả năng thông qua cơ sở được hiểu là khả năng thông qua ở điều kiện tối ưu (lý tưởng). Do những điều kiện này hiếm khi đạt được trong thực tế, vì vậy trong phương pháp tính người ta phải điều chỉnh khả năng thông qua cơ sở.

Trong phiên bản HCM năm 1965 (TRB, 1965) còn có khái niệm mức phục vụ LOS (Level of Service). Với hệ thống mức phục vụ này thì hầu hết các nước trên thế giới đều thừa nhận là mỗi con đường, tùy theo ý nghĩa và chức năng của nó sẽ được phân loại một mức độ phục vụ nào đó. Định nghĩa mức độ phục vụ cũng được biên soạn trong HCM phiên bản 1985 (TRB, 1985). Mức phục vụ trong phiên bản này được mô tả là mức chất lượng của dòng giao thông và nó được thể hiện thông qua những yếu tố như tốc độ, thời gian hành trình, mức độ tự do khi chạy xe, mức độ phá vỡ dòng giao thông, mức độ thuận tiện chạy xe và an toàn giao thông.

Một cái nhìn tổng quan về mức phục vụ của đường được thể hiện ở hình 3.1.



Hình 3.1. Quan hệ giữa chất lượng dòng xe, mức độ sử dụng đường và lưu lượng xe



Hình 3.2. Mô tả mức phục vụ (LOS) theo vận tốc dòng xe và độ bão hòa

Vì một mức chất lượng giao thông nào đó chỉ ở vùng ổn định trước khi con đường đạt đến mức khả năng thông qua, do đó ở đây người ta chia thành các mức độ phục vụ từ A đến D. Mức độ phục vụ E tương ứng với vùng khả năng thông qua, ở vùng không ổn định mà ở đó mức chất lượng không thỏa mãn mức tối thiểu thì chỉ nhận mức phục vụ F. Về cơ bản, mức độ sử dụng cơ sở hạ tầng càng cao thì thường

không đạt được chất lượng giao thông tốt (hình 3.1), những vấn đề này được thể hiện bằng mối quan hệ cơ bản giữa lưu lượng giao thông, mật độ giao thông và tốc độ dòng giao thông.

Vì ranh giới giữa các mức phục vụ không được xác định một cách rõ ràng do đó việc mô tả các mức phục vụ trong HCM 1965 cơ bản được thể hiện ở hình 3.2. Cơ sở cho việc xác định mức phục vụ không xuất phát từ mối quan hệ trực tiếp giữa lưu lượng xe và vận tốc, thay vào đó nó sử dụng mối quan hệ giữa độ bão hòa và vận tốc. **Độ bão hòa g** là tỉ lệ giữa lưu lượng xe M và khả năng thông qua C:

$$g = \frac{\text{Lưu lượng xe M}}{\text{Khả năng thông qua C}}$$

Công thức này cho biết bao nhiêu phần của năng lực thông thành được sử dụng. Cơ sở đảm bảo một dòng giao thông hoạt động ở một mức phục vụ xác định nào đó là:

- Tốc độ xe trung bình lớn hơn hoặc bằng một giá trị biên cố định của một mức phục vụ nào đó và;
- Độ bão hòa không vượt quá độ bão hòa lớn nhất của mức phục vụ này.

Bảng 3.1. Bảng chỉ dẫn khả năng thông qua của đường với các phương pháp khác nhau

Nguồn/Năm	Khả năng thông qua ở điều kiện lý tưởng [xe/h]	
	Đường 2 làn xe tính cho cả 2 hướng	1 làn xe trong đường nhiều làn ¹⁾
HCM 1950	2000	2000
KORTE 1960	Giống HCM 1950	Giống HCM 1950
HCM 1965	2000	2000
TGL 11684/01	2000	1800 (1500)
RAS-Q 1982	2200	1500 ²⁾
HCM 1985	2800	2000
BRILON 1992	2500 ³⁾	1850
HCM – thiết kế 1992	-	2150
HCM 1994	Lớn nhất 2800	Lớn nhất 2300 ⁴⁾
HCM 2000	Lớn nhất 3200	Lớn nhất 2400 ⁴⁾
HCM 2010	Lớn nhất 3200	Lớn nhất 2400 ⁴⁾

1) Khả năng thông qua của một làn xe của đường cao tốc

Giá trị trong ngoặc đơn là khả năng thông qua 1 làn xe của đường nhiều làn mà không có dải phân cách giữa;

2) Lưu lượng giao thông lớn nhất với V = 70 km/h;

3) Lưu lượng giao thông lớn nhất với V = 40 km/h;

4) Tỉ lệ dòng lớn nhất trong khoảng thời gian 15 phút (dự đoán cho 1h).

Chú ý rằng chỉ dẫn khả năng thông hành của đường (bảng 3.1) phải được hiệu chỉnh và cập nhật theo các năm bởi vì ngày nay có nhiều kết luận đáng tin cậy hơn về giá trị khả năng thông hành so với vài chục năm về trước, thời mà thiết bị đo cũng còn hạn chế và thường xuyên phải dùng phép ngoại suy. Cho đến nay, phương pháp HCM 2010 được coi là phiên bản mới nhất trong việc đánh giá mức phục vụ của đường của TRB.

3.1.2. Phương pháp HCM 2010 cho đường cao tốc

3.1.2.1. Giới thiệu chung

Phần này sẽ trình bày phương pháp tính toán cho các đoạn đường cao tốc có mỗi hướng ≥ 2 làn xe. Phần tính toán cơ bản này chưa xem xét những vấn đề sau:

- Làn đặc biệt dành riêng cho một loại xe nào đó (làn riêng cho xe tải, làn leo dốc,...)
- Điều khiển tổ chức giao thông theo làn (để hạn chế việc chuyển làn);
- Đoạn đường trên cầu hoặc trong hầm;
- Đoạn gần khu vực trạm thu phí;
- Những đoạn có tốc độ dòng tự do nhỏ hơn 55 mi/h hoặc lớn hơn 75 mi/h (1 mi = 1.609 km);
- Ảnh hưởng của hàng xe do bị dồn ứ trên đoạn nghiên cứu;
- Hạn chế tốc độ và cường chế tốc độ;
- Giao thông thông minh (ITS) ảnh hưởng đến xe và hướng dẫn người lái xe;
- Ảnh hưởng của việc nâng cao năng lực đối với các đường nhánh nối;
- Ảnh hưởng của điều kiện khai thác với dòng xe quá bão hòa;
- Ảnh hưởng của điều kiện khai thác trong quá trình thi công;

Những yếu tố này có thể được tham khảo ở chương 10 và chương 35 của HCM 2010.

3.1.2.2. Mức phục vụ và các chỉ tiêu đánh giá mức phục vụ

Trong HCM 2010, mức phục vụ được chia thành 6 mức từ A đến F như sau:

Mức phục vụ A (LOS A): mô tả dòng giao thông có thể chạy với tốc độ dòng tự do (Free-Flow Speed), các xe hầu như không cản trở lẫn nhau khi chạy trên đường. Ảnh hưởng của những sự cố về giao thông trên đường được kiểm soát dễ dàng.

Mức phục vụ B (LOS B): mô tả tốc độ dòng giao thông tự do vẫn còn được duy trì trên đường. Khả năng chạy xe chỉ hơi bị hạn chế, người lái xe vẫn có mức độ thuận lợi cao trong hành trình chạy xe. Ảnh hưởng của những sự cố nhỏ về giao thông vẫn còn được kiểm soát.

Mức phục vụ C (LOS C): mô tả tốc độ dòng giao thông ở gần tốc độ dòng tự do. Mức độ tự do chạy xe bị hạn chế đáng kể, lái xe phải cẩn thận và chú ý hơn khi chuyển làn. Những sự cố về giao thông trên đường vẫn có thể được kiểm soát, nhưng có thể có sự suy giảm đáng kể về chất lượng giao thông ở những vị trí cục bộ. Hàng chờ xe có thể được hình thành khi có bất kì sự cản trở giao thông nào.

Mức phục vụ D (LOS D): là mức mà ở đó tốc độ bắt đầu giảm khi lưu lượng giao thông tăng và theo đó mật độ giao thông sẽ tăng nhanh. Mức độ tự do chạy xe bị hạn chế rất nhiều, những người lái xe có kinh nghiệm cũng bị giảm mức độ thuận lợi chạy xe. Thậm chí, một sự cố nhỏ về giao thông cũng có thể gây ra hàng chờ xe bởi vì dòng giao thông có rất ít khoảng trống để xử lý sự chia cắt dòng.

Mức phục vụ E (LOS E): là mức mà ở đó con đường đạt đến khả năng thông qua. Dòng giao thông vận hành rất không ổn định bởi vì không còn khoảng trống trong dòng xe để xử lý các tình huống giao thông. Bất kì sự cố giao thông nhỏ nào như việc xe tiếp cận vào đường cao tốc từ đường nhánh hoặc xe chuyển làn có thể làm chia cắt dòng giao thông và ảnh hưởng lan truyền đến toàn bộ dòng giao thông.

Mức phục vụ F (LOS F): là mức mà ở đó dòng giao thông phi phá vỡ và không ổn định. Những điều kiện giao thông này thường hình thành sau những vị trí nút thắt cổ chai trên đường. Trong tất cả các trường hợp thì sự phá vỡ của dòng giao thông xảy ra khi tỉ lệ giữa lưu lượng xe và khả năng thông qua lớn hơn 1.00.

Những hình ảnh trực quan dưới đây thể hiện các mức phục vụ từ A đến F:



Hình 3.3. Hình ảnh mô tả các mức phục vụ theo HCM 2010

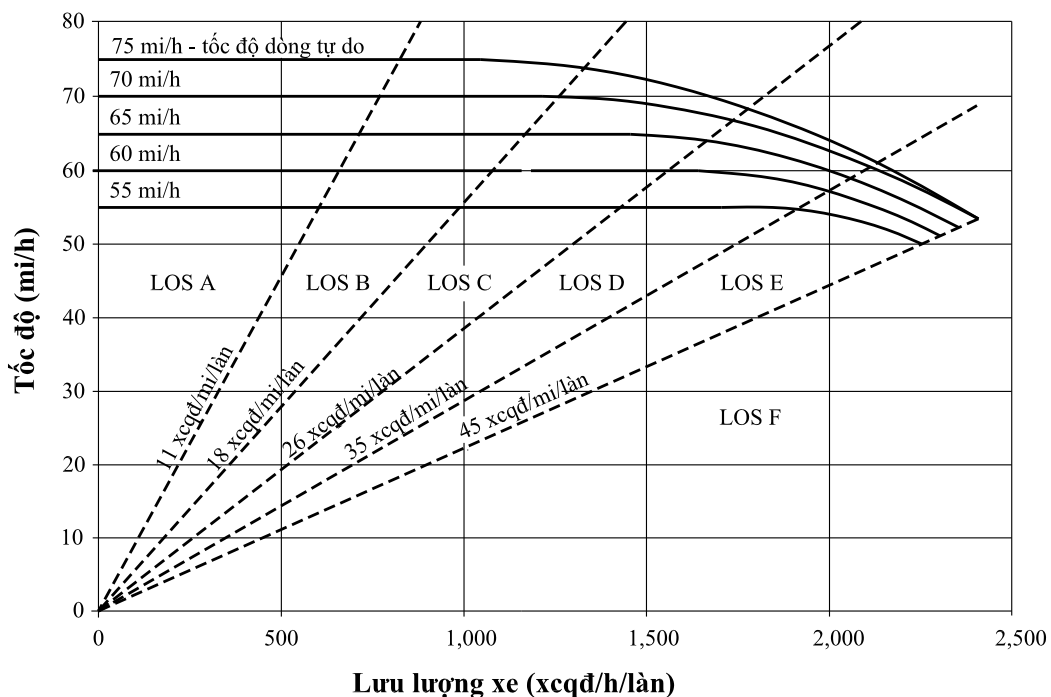
Về mặt định lượng, các mức phục vụ được thể hiện qua 3 chỉ tiêu: (i) mật độ xe (xe/mi/làn), (ii) tốc độ trung bình trên đoạn đường (mi/h), (iii) tỉ lệ giữa lưu lượng và khả năng thông qua (v/c).

Vì tốc độ thường không đổi trong một khoảng dao động lớn của lưu lượng xe, và người tham gia giao thông không nhận thức được trực tiếp tỉ lệ v/c (trừ trường hợp đạt khả năng thông qua) nên chỉ tiêu đo lường mức phục vụ thường dùng là mật độ xe. Bảng dưới đây thể hiện những khoảng giá trị của chỉ tiêu này:

Bảng 3.2. Chỉ tiêu đánh giá mức phục vụ

Mức phục vụ	Mật độ (xe/mi/làn)
A	≤ 11
B	$>11 \div 18$
C	$>18 \div 26$
D	$>26 \div 35$
E	$>35 \div 45$
F	>45 (lưu lượng vượt quá khả năng thông qua)

Hình 3.4 dưới đây mô tả các mức phục vụ (LOS) dựa trên đường cong vận tốc dòng. Ở đó, mật độ dòng được thể hiện bằng đường thẳng có độ dốc không đổi bắt nguồn từ gốc tọa độ. Hình này cũng thể hiện đường ranh giới của các mức phục vụ.



Hình 3.4. Đồ thị mô tả các mức phục vụ của đường

Các giá trị biên của lưu lượng xe cho phép ứng với các mức phục vụ ở hình trên (hình 3.4) được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 3.3. Lưu lượng xe cho phép ứng với các mức phục vụ

Tốc độ (mi/h)	Lưu lượng xe cho phép (xcqđ/h)				
	A	B	C	D	E
75	820	1310	1750	2110	2400
70	770	1250	1690	2080	2400
65	710	1170	1630	2030	2350
60	660	1080	1560	2010	2300
55	600	990	1430	1900	2250

Chú ý: khi nội suy có thể làm tròn đến 10 xe/h/làn

3.1.2.3. Điều kiện cơ sở (lý tưởng)

Điều kiện cơ sở là điều kiện mà ở đó đoạn đường đạt khả năng thông qua lớn nhất, tức là ở điều kiện thời tiết tốt, tầm nhìn tốt, không có tai nạn hoặc các sự cố về giao thông, không có khu vực thi công trên đoạn đường, điều kiện mặt đường tốt.

Ngoài ra, những điều kiện cơ sở còn phải thỏa mãn:

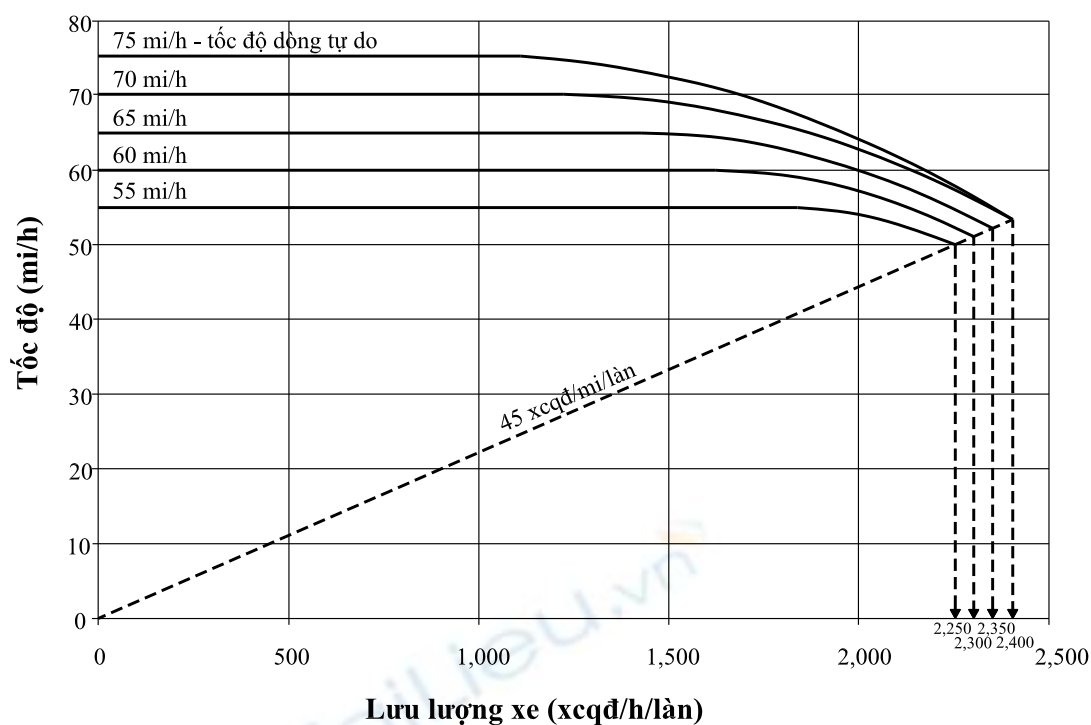
- Bề rộng làn xe tối thiểu là 12 ft (3,65m) và bề rộng hành lang an toàn hai bên đường tối thiểu là 6 ft (1,83m);
- Dòng xe là dòng thuần nhất chỉ gồm xe con;
- Phần lớn người tham gia giao thông thông thuộc với con đường.

Trong thực tế, nếu những điều kiện này không thỏa mãn thì phải dùng những hệ số điều chỉnh về điều kiện cơ sở.

Tốc độ dòng ở điều kiện cơ sở được thể hiện ở hình 3.5. Có 5 đường cong tốc độ dòng tự do (FFS) ứng với 5 mức tốc độ 75 mi/h, 70 mi/h, 65 mi/h, 60 mi/h, và 55 mi/h. Ở mỗi đường cong, tốc độ dòng được giữ ổn định trong khoảng dao động lưu lượng xe như sau:

- Tốc độ dòng 75 mi/h: $0 \div 1000$ xe/h/làn;
- Tốc độ dòng 70 mi/h: $0 \div 1200$ xe/h/làn;
- Tốc độ dòng 65 mi/h: $0 \div 1400$ xe/h/làn;
- Tốc độ dòng 60 mi/h: $0 \div 1600$ xe/h/làn;
- Tốc độ dòng 55 mi/h: $0 \div 1800$ xe/h/làn.

Với mỗi đường cong, khi lưu lượng xe vượt quá giới hạn trên thì tốc độ dòng sẽ bị giảm mạnh đến khi đạt được khả năng thông qua. Công thức thể hiện đường cong tốc độ dòng được cho ở bảng 3.4.



Hình 3.5. Đường cong tốc độ dòng theo lưu lượng

Bảng 3.4. Công thức mô tả đường cong tốc độ dòng

Tốc độ dòng tự do (FFS) (mi/h)	Khoảng lưu lượng xe		
	Giới hạn lưu lượng (xe/h/làn)	≥ 0 và $\leq$ điểm giới hạn	$>$ điểm giới hạn và $\leq$ khả năng thông qua
75	1000	75	$75 - 0,00001107 (v_p - 1000)^2$
70	1200	70	$70 - 0,00001160 (v_p - 1200)^2$
65	1400	65	$65 - 0,00001418 (v_p - 1400)^2$
60	1600	60	$60 - 0,00001816 (v_p - 1600)^2$
55	1800	55	$55 - 0,00002469 (v_p - 1800)^2$

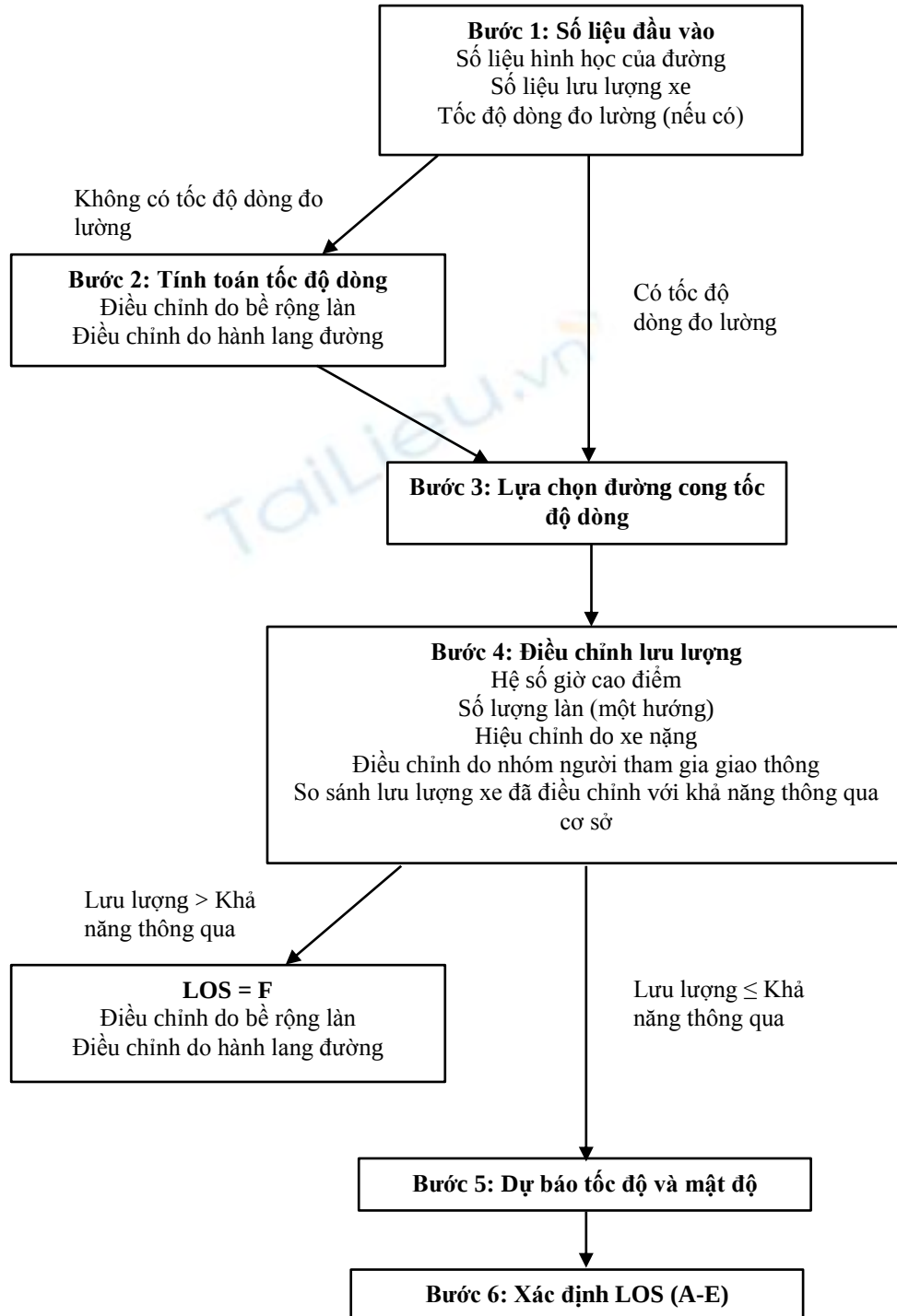
v_p = lưu lượng xe qui đổi (xe/h/làn); khả năng thông qua: 2,400 xe/h/làn với tốc độ dòng 70 và 75 mi/h; 2350 xe/h/làn với tốc độ dòng 65 mi/h; 2300 xe/h/làn với tốc độ dòng 60 mi/h; và 2250 xe/h/làn với tốc độ dòng 55 mi/h.

Khả năng thông qua ở điều kiện cơ sở thay đổi tùy thuộc vào tốc độ dòng. Với tốc độ dòng từ 70 ÷ 75 mi/h thì khả năng thông qua là 2400 xe/h/làn. Với tốc độ dòng nhỏ hơn thì khả năng thông qua giảm chút ít, ví dụ với tốc độ dòng 65 mi/h, khả năng thông qua là 2350 xe/h/làn; với tốc độ dòng 60 mi/h và 55 mi/h thì khả năng thông qua tương ứng là 2300 xe/h/làn và 2250 xe/h/làn.

3.1.2.4. Các bước tính toán

a) Mức phục vụ của một đoạn đường

Phương pháp tính toán phân tích cho 1 đoạn đường được mô tả 6 bước ở hình sau:



Hình 3.6. Các bước phân tích LOS của một đoạn đường cao tốc

Bước 1: Số liệu đầu vào

Lưu lượng xe; số lượng và bề rộng làn xe; bề rộng hành lang an toàn 2 bên đường; mật độ đường nhánh; thành phần xe nặng; hệ số giờ cao điểm; địa hình; yếu tố người tham gia giao thông.

Bước 2: Tính toán tốc độ dòng tự do (FFS)

Tốc độ dòng tự do (FFS) có thể được tính toán hoặc đo lường trực tiếp ở trên đường như sau:

Đo lường FFS ở trên đường: FFS là tốc độ dòng trung bình của các xe con được đo lường ở trong khoảng thời gian có lưu lượng thấp (đến 1000 xe/h/làn). Như ở trên đã phân tích, tốc độ trung bình rõ ràng là không đổi trong khoảng lưu lượng xe này.

Việc nghiên cứu đo lường tốc độ có thể được thực hiện ở mặt cắt ngang đại diện cho đoạn đường ở những khoảng thời gian mà lưu lượng xe < 1000 xe/h/làn. Nên đo tốc độ tất cả các loại xe con qua mặt cắt ngang hoặc đo theo mẫu số liệu (ví dụ đo 10 xe một trên từng làn). Phải thực hiện tổ hợp gồm ít nhất 100 số liệu tốc độ xe con.

Tính toán FFS: đối với những con đường chưa xây dựng (đang được thiết kế), hoặc trong trường hợp không thể đo lường được thì tốc độ dòng tự do có thể được xác định bằng công thức sau:

$$FFS = 75,4 - f_{LW} - f_{LC} - 3,22 \cdot TRD^{0.84} \quad (3.1)$$

Trong đó:

FFS = tốc độ dòng tự do của đoạn đường [mi/h];

f_{LW} = tốc độ điều chỉnh do bề rộng làn [mi/h] (bảng 3.5);

f_{LC} = tốc độ điều chỉnh do bề rộng hành lang an toàn hai bên đường [mi/h] (bảng 3.6);

TRD = tổng mật độ đường nhánh kết nối vào đường cao tốc [đường nhánh/dặm].

Bảng 3.5. Tốc độ điều chỉnh do bề rộng làn

Bề rộng làn trung bình (ft)	Mức chiết giảm tốc độ dòng tự do f_{LW} (mi/h)
≥ 12	0,0
$\geq 11 \div 12$	1,9
$\geq 10 \div 11$	6,6

Tổng mật độ đường nhánh TRD được định nghĩa là số lượng đường nhánh (vào và ra đường cao tốc trên một hướng) trong khoảng 3 mi ở phía trên và 3 mi ở phía dưới tính từ điểm giữa của đoạn nghiên cứu chia cho 6.

Bảng 3.6. Tốc độ điều chỉnh do bề rộng hành lang an toàn hai bên đường

Bề rộng hành lang an toàn (ft)	Số lượng làn trên 1 hướng			
	2	3	4	≥ 5
≥ 6	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,6	0,4	0,2	0,1
4	1,2	0,8	0,4	0,2
3	1,8	1,2	0,6	0,3
2	2,4	1,6	0,8	0,4
1	3,0	2,0	1,0	0,5
0	3,6	2,4	1,2	0,6

Bước 3: Lựa chọn đường cong tốc độ dòng tự do FFS

Việc lựa chọn đường cong tốc độ được thực hiện ở hình 3.5. Không nội suy các giá trị giữa các đường cong này. Việc lựa chọn đường cong FFS có thể được làm tròn giá trị đến 5 mi/h như sau:

- khi vận tốc $\geq 72,5$ mi/h và $< 77,5$ mi/h thì chọn đường cong FFS = 75 mi/h;
- khi vận tốc $\geq 67,5$ mi/h và $< 72,5$ mi/h thì chọn đường cong FFS = 70 mi/h;
- khi vận tốc $\geq 62,5$ mi/h và $< 67,5$ mi/h thì chọn đường cong FFS = 65 mi/h;
- khi vận tốc $\geq 57,5$ mi/h và $< 62,5$ mi/h thì chọn đường cong FFS = 60 mi/h;
- khi vận tốc $\geq 52,5$ mi/h và $< 57,5$ mi/h thì chọn đường cong FFS = 55 mi/h.

Bước 4: Hiệu chỉnh lưu lượng xe

Đường cong tốc độ dòng trong hình 3.5 là dựa trên lưu lượng xe con qui đổi trong 1 giờ. Trong khi đó, lưu lượng xe của người tham gia giao thông trên đoạn đường cao tốc được tính theo đơn vị xe/h. Do đó, lưu lượng này phải được qui đổi ra xe con theo công thức sau:

$$v_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_p} \quad (3.2)$$

Trong đó:

v_p = lưu lượng xe qui đổi [xcqđ/h/làn];

V = lưu lượng xe ở thực tế [xe/h];

PHF = hệ số giờ cao điểm;

N = số lượng làn xe của hướng tính toán;

f_{HV} = hệ số điều chỉnh do thành phần xe nặng trong dòng xe;

f_p = hệ số điều chỉnh do người tham gia giao thông không thường xuyên đi trên cung đường.

Hệ số giờ cao điểm PHF: đại diện cho sự dao động của dòng giao thông trong 1 giờ. Thông qua kết quả quan sát dòng giao thông cho thấy lưu lượng xe cao điểm 15 phút là không duy trì được trong suốt một giờ. Vì vậy, trong công thức trên phải đưa vào hệ số giờ cao điểm PHF.

Trên đường cao tốc thì hệ số giờ cao điểm PHF dao động từ 0,85 đến 0,98. Giá trị thấp hơn khoảng này đặc trưng cho những điều kiện giao thông lưu lượng thấp. Giá trị cao hơn khoảng này đặc trưng cho điều kiện giao thông giờ cao điểm ở khu vực đô thị.

Hệ số điều chỉnh do xe nặng: một xe nặng được định nghĩa là xe có nhiều hơn 4 bánh tiếp đất trong quá trình chạy xe ở điều kiện bình thường. Những loại xe này thường là xe tải, xe buýt, xe du lịch có thùng kéo loại nhỏ (RVs).

Giả thiết một dòng xe cơ giới được tạo thành từ nhiều loại xe khác nhau với tỉ lệ P_i . Gọi E_i là hệ số qui đổi của loại xe i nào đó ra xe con tiêu chuẩn, khi đó một xe trong dòng xe có thể qui đổi ra số lượng xe con tiêu chuẩn như sau:

$$1 \text{ xe} = P_P + P_T \cdot E_T + P_R \cdot E_R$$

P: thành phần % xe con;

T: thành phần % xe tải và xe buýt;

R: thành phần % xe du lịch (RVs).

Ta có:

$$1 = P_P + P_T + P_R;$$

$$P_P = 1 - (P_T + P_R).$$

Thay P_P vào ta có:

$$1 \text{ xe} = 1 - (P_T + P_R) + P_T \cdot E_T + P_R \cdot E_R;$$

$$1 \text{ xe} = 1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1).$$

Như vậy hệ số chiết giảm f_{HV} do xe nặng có thể được xác định bằng hệ số qui đổi từ “dòng xe thực” về “dòng xe tiêu chuẩn” như sau:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (3.3)$$

Các hệ số qui đổi E_T và E_R có thể được xác định như sau:

Đối với đoạn đường có những đoạn dốc thấp và chiều dài đoạn dốc không đủ ảnh hưởng đến quá trình vận hành của dòng xe thì hệ số qui đổi được lấy theo bảng 3.7. Đây là những đoạn đường có độ dốc $< 2\%$ và dài không quá 0,25 mi, hoặc những đoạn có độ dốc từ 2 đến 3% nhưng chiều dài không quá 0,5 mi.

Bảng 3.7. Hệ số qui đổi với những đoạn có độ dốc dọc thấp

Loại xe	Hệ số qui đổi về xe con tiêu chuẩn		
	Loại địa hình		
	Đồng bằng	Đồi	Núi
Xe tải và xe buýt (E_T)	1,5	2,5	4,5
Xe du lịch (E_R)	1,2	2,0	4,0

Với những đoạn lên dốc từ 2 đến 3% nhưng chiều dài > 0.5 mi hoặc độ dốc $\geq 3\%$ nhưng có chiều dài > 0,25 mi thì phải được xem xét tách thành đoạn riêng và có hệ số qui đổi của xe tải và xe buýt (E_T) lấy theo bảng 3.8, và của xe du lịch (E_R) lấy theo bảng 3.9.

Bảng 3.8. Hệ số qui đổi E_T khi lên dốc đối với xe tải và xe buýt

Độ dốc	Chiều dài đoạn dốc	Thành phần xe tải và xe buýt								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	$\geq 25\%$
≤ 2	Bất kỳ	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
> 2-3	0,00 – 0,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 0,25-0,50	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 0,50-0,75	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 0,75-1,00	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 1,00-1,50	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	> 1,50	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
> 3-4	0,00-0,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 0,25-0,50	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
	> 0,50-0,75	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	> 0,75-1,00	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0
	> 1,00-1,50	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5
	> 1,50	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5
> 4-5	0,00-0,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 0,25-0,50	3,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	> 0,50-0,75	3,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	> 0,75-1,00	4,0	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	> 1,00	5,0	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0
> 5-6	0,00-0,25	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 0,25-0,30	4,0	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	> 0,30-0,50	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	> 0,50-0,75	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	> 0,75-1,00	5,5	5,0	4,5	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	> 1,00	6,0	5,5	5,0	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
> 6	0,00-0,25	4,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,0
	> 0,25-0,30	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,5
	> 0,30-0,50	5,5	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,5
	> 0,50-0,75	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0
	> 0,75-1,00	6,0	5,5	5,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,5	3,5
	> 1,00	7,0	6,0	5,5	5,5	5,0	4,5	4,0	4,0	4,0

Chú ý: khi nội suy cho phép làm tròn đến 0,1

Bảng 3.9. Hệ số qui đổi E_R khi lên dốc đối với xe du lịch

Độ dốc	Chiều dài	Thành phần xe du lịch (RVs)								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	≥25%
≤ 2	Bất kỳ	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
> 2-3	0,00-0,50	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	> 0,50	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2
> 3-4	0,00-0,25	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	> 0,25-0,50	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
	> 0,50	3,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5
> 4-5	0,00-0,25	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 0,25-0,50	4,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0
	> 0,50	4,5	3,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0
> 5	0,00-0,25	4,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5
	> 0,25-0,50	6,0	4,5	4,5	3,5	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0
	> 0,50	6,0	4,5	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,0

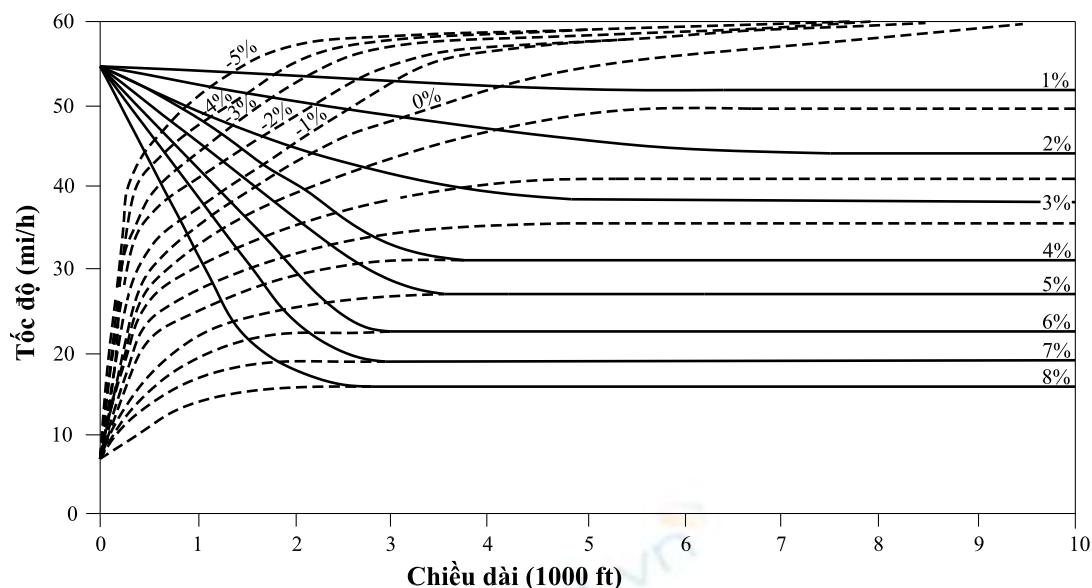
Chú ý: khi nội suy cho phép làm tròn đến 0,1

Đối với những đoạn xuống dốc thì hệ số qui đổi đối với xe du lịch luôn được lấy là $E_R = 1,2$, còn hệ số đối với xe tải và xe buýt E_T được lấy ở bảng 3.10 như sau:

Bảng 3.10. Hệ số qui đổi của xe tải và xe buýt (E_T) khi xuống dốc

Xuống dốc (%)	Chiều dài dốc (m)	Thành phần xe tải và buýt			
		5%	10%	15%	≥20%
< 4	Bất kỳ	1,5	1,5	1,5	1,5
4 - 5	≤ 4	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 4	2,0	2,0	2,0	1,5
5 - 6	≤ 4	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 4	5,5	4,0	4,0	3,0
5 - 6	≤ 4	1,5	1,5	1,5	1,5
	> 4	7,5	6,0	5,5	4,5

Hệ số quy đổi cho đoạn dốc tổng hợp: khi tất cả các đoạn có độ dốc < 4% hoặc tổng chiều dài < 4000 ft thì có thể lấy độ dốc trung bình. Độ dốc trung bình được định nghĩa là tổng độ chênh cao giữa điểm đầu đến điểm đang xét chia cho tổng chiều dài nghiên cứu. Đối với những đoạn dốc tổng hợp có độ dốc gất hơn, tức là đoạn dốc tổng hợp ≥ 4000 ft và có ít nhất một đoạn thành phần có độ dốc > 4% thì việc tính toán sẽ được áp dụng bằng toán đồ sau đây:



Hình 3.7. Hệ số qui đổi cho đoạn dốc tổng hợp

Việc áp dụng chi tiết toán đồ này sẽ được trình bày ở phần ví dụ tính toán.

Hệ số điều chỉnh đối với nhóm người tham gia giao thông: được lấy theo bảng 3.11

Bảng 3.11. Hệ số điều chỉnh f_p đối với nhóm người tham gia giao thông

Nhóm người tham gia giao thông	Hệ số điều chỉnh f_p
Nhóm người đi thường xuyên trên con đường	1,00
Nhóm người tham gia giao thông vắng lại	0,85 ... < 1,0

Bước 5: Xác định tốc độ và mật độ

Trong bước này, 2 yếu tố sau cần phải được xác định: (i) tốc độ dòng tự do FFS và đường cong tốc độ dòng tự do, (ii) lưu lượng xe qui đổi theo đơn vị xcqđ/h/làn dưới điều kiện cơ sở. Với những thông tin này thì tốc độ và mật độ dòng giao thông có thể được xác định.

Với công thức được thể hiện trong bảng 3.4 thì tốc độ trung bình của dòng giao thông sẽ được xác định, và nó cũng có thể được thể hiện ở hình 3.5.

Khi tốc độ được xác định thì mật độ sẽ được tính theo công thức sau:

$$D = \frac{v_p}{S} \quad (3.4)$$

Trong đó:

D = mật độ (xcqđ/mi/làn);

v_p = lưu lượng xe (xcqđ/h/làn);

S = tốc độ trung bình của dòng giao thông ở điều kiện cơ sở (mi/h).

Trong trường hợp $D > 1$ thì tương ứng với mức phục vụ F , khi đó vận tốc S sẽ nằm ngoài khoảng giá trị của bảng 3.4 và hình 3.5, và không có vận tốc nào được xác định.

Bước 6: Xác định LOS

Từ mật độ được xác định theo công thức (3.4) thì mức phục vụ LOS sẽ được xác định theo bảng 3.2.

b) Mức phục vụ của tuyến đường

Mức phục vụ của tuyến đường sẽ được đánh giá dựa trên mật độ trung bình có trọng số của các đoạn. Trọng số được xác định tùy thuộc vào chiều dài và số làn xe của các đoạn thành phần và được xác định theo công thức dưới đây:

$$D_F = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \times L_i \times N_i}{\sum_{i=1}^n L_i \times N_i} \quad (3.5)$$

Trong đó:

D_F = mật độ trung bình của tuyến (xcqđ/mi/h);

D_i = mật độ của đoạn thứ i (xcqđ/mi/h);

L_i = chiều dài của đoạn thứ i (ft);

N_i = số làn xe trên đoạn thứ i (làn);

n = số lượng đoạn đường trên tuyến.

3.1.2.5. Các ví dụ tính toán

a) Ví dụ 1: Xác định mức phục vụ của đường cao tốc 4 làn xe

Cho:

Đường cao tốc 4 làn xe (mỗi hướng 2 làn); bề rộng làn 11 ft, hành lang an toàn 2 bên đường là 2 ft; người tham gia giao thông thường xuyên sử dụng con đường này; lưu lượng xe trong giờ cao điểm của hướng nhiều xe là 2000 xe/h; trong thành phần dòng xe có 5% xe tải, 0% xe du lịch; hệ số giờ cao điểm PHF = 0,92; một nút giao khác mức/dặm.

Xác định:

Mức phục vụ LOS trong 15 phút nhiều giao thông nhất của giờ cao điểm.

Phân tích ví dụ: nhiệm vụ đặt ra là xác định mức phục vụ cho đoạn đường này trong 15 phút nhiều xe nhất của giờ cao điểm. Với 1 nút giao khác mức/dặm thì tổng mật độ nhánh nối sẽ là 4 nhánh/mi.

Các bước tính toán:

Bước 1: Số liệu đầu vào được cho ở trên

Bước 2: Tính toán tốc độ dòng tự do FFS

Tốc độ dòng tự do của đoạn đường cao tốc được xác định như sau:

$$FFS = 75,4 - f_{LW} - f_{LC} - 3,22 \cdot TRD^{0,84}$$

Vận tốc này được điều chỉnh 1,9 mi/h do bề rộng làn theo bảng 3.5 đối với bề rộng làn 11 ft, và điều chỉnh 2,4 mi/h theo bảng 3.6 do hành lang an toàn hai bên đường 2 ft. Tổng mật độ đường nhánh là 4 nhánh/mi, do đó:

$$FFS = 75,4 - 1,9 - 2,4 - 3,22(4^{0,84}) = 60,8 \text{ mi/h}$$

Bước 3: Lựa chọn đường cong tốc độ dòng

Tốc độ dòng tự do được tính toán trong bước 2 lớn hơn 57,5 mi/h và nhỏ hơn 62,5 mi/h, vì vậy đường cong tốc độ dòng 60 mi/h sẽ được lựa chọn.

Bước 4: Điều chỉnh lưu lượng xe

Lưu lượng xe phải được điều chỉnh về lưu lượng xe con qui đổi (xcqđ/h/làn) ở điều kiện cơ sở bằng việc sử dụng công thức (3.2):

$$v_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_p}$$

Theo số liệu đầu vào thì lưu lượng xe là 2000 xe/h. Hệ số giờ cao điểm PHF là 0,92, và mỗi một hướng giao thông có 2 làn xe. Hệ số điều chỉnh do người tham gia giao thông là 1,00. Tỷ lệ xe tải trong dòng xe là 5%, do đó hệ số điều chỉnh do xe nặng phải được xác định.

Từ bảng 3.7, hệ số qui đổi của xe tải ở địa hình vùng đồi là 2,5. Theo đó, hệ số điều chỉnh do xe nặng sẽ được tính bằng công thức (3.3).

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,05(2,5 - 1) + 0} = 0,930$$

Từ đó ta có:

$$v_p = \frac{2000}{0,92 \cdot 2 \cdot 0,93 \cdot 1,00} = 1169 \text{ xe/h/làn}$$

Do lưu lượng này thấp hơn 2300 xe/h/làn đối với đường cao tốc có FFS = 60 mi/h, mức phục vụ LOS F không tồn tại, do đó phân tích tiếp bước 5.

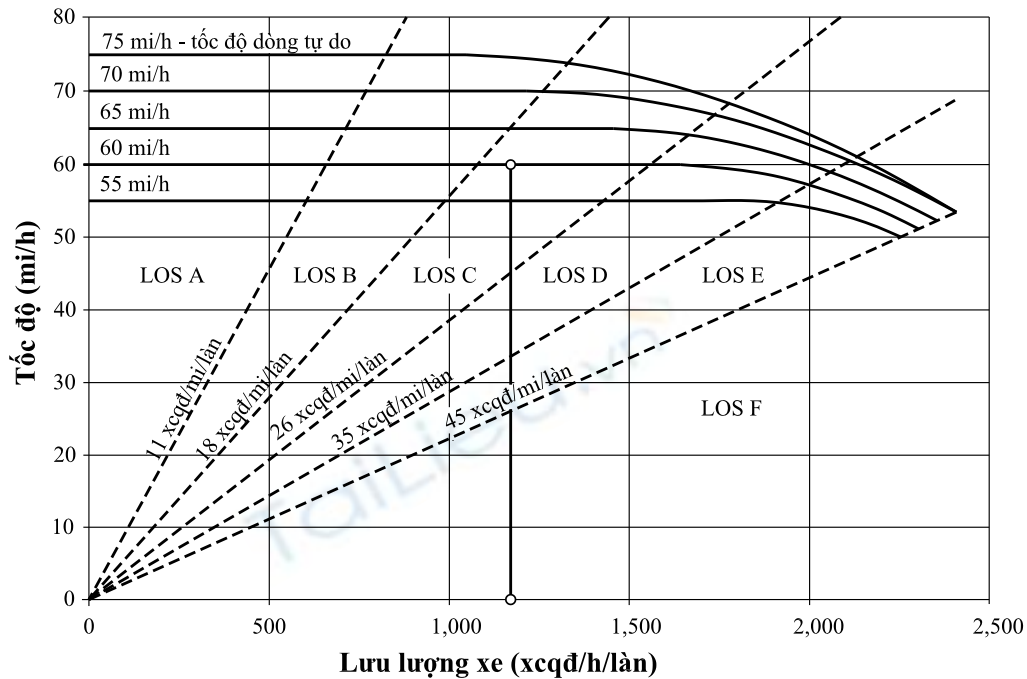
Bước 5: Xác định vận tốc và mật độ

Tốc độ dòng tự do FFS của đoạn đường cao tốc sẽ được tính toán với lưu lượng xe qui đổi (xcqđ/h/làn) dưới điều kiện cơ sở. Từ bảng 3.4, công thức xác định vận tốc dòng giao thông sẽ được lựa chọn với tốc độ dòng FFS = 60 mi/h và lưu lượng xe nhỏ hơn 1600 xcqđ/h/làn. Đây là phần có tốc độ không đổi của đường cong, vì vậy $S = 60 \text{ mi/h}$. Mật độ của dòng giao thông theo đó sẽ được xác định như sau:

$$D = \frac{v_p}{S} = \frac{1169}{60} = 19,5 \text{ xe/mi/làn}$$

Bước 6: Xác định mức phục vụ

Từ bảng 3.2, với mật độ 19,5 xe/mi/làn sẽ tương ứng với mức phục vụ LOS C nhưng nó lại gần với ranh giới của của mức phục vụ B với mật độ lớn nhất cho phép là 18 xe/mi/làn. Giải pháp này cũng có thể được xác định bằng sử dụng bằng toán đồ với hình 3.4 như sau:



Kết luận:

Đoạn đường cao tốc 4 làn xe này được kì vọng khai thác với mức phục C trong 15 phút nhiều xe nhất của giờ cao điểm. Nhưng cần phải chú ý rằng, mặc dù khai thác ở mức phục vụ C nhưng nó cũng sát với ranh giới mức phục B. Vì vậy, mức phục vụ B cũng có thể được chấp nhận.

b) Ví dụ 2: Xác định số lượng làn xe để đạt được mức phục vụ mong muốn

Cho:

Lưu lượng xe 4000 xe/h/hướng; địa hình đồng bằng; trong thành phần dòng xe có 15% xe tải và 3% xe du lịch; bề rộng làn đường 12 ft; hành lang an toàn hai bên đường 6 ft; người tham gia giao thông đi thường xuyên trên con đường này (dân địa phương); hệ số giờ cao điểm PHF = 0,85; mật độ đường nhánh 3 nhánh/mi; mức phục vụ mong muốn là mức D.

Xác định:

Số lượng làn xe để đạt được mức phục vụ D trong 15 phút nhiều giao thông nhất của giờ cao điểm.

Phân tích ví dụ: đây là ví dụ điển hình cho việc tính toán thiết kế đường, đó là xác định số làn xe để đạt được mức phục vụ mong muốn (mức D).

Các bước tính toán:

Bước 1: Số liệu đầu vào được cho ở trên

Bước 2: Tính toán tốc độ dòng tự do FFS

Tốc độ dòng tự do của đoạn đường cao tốc được xác định theo công thức (3.1). Vì bề rộng làn và hành lang an toàn hai bên đường của tuyến đường đang thiết kế này tương ứng là 12 ft và 6ft, do đó không cần phải điều chỉnh đối với 2 yếu tố này. Tổng mật độ đường nhánh là 3 nhánh/mi, do đó:

$$FFS = 75,4 - f_{LW} - f_{LC} - 3,22 \cdot TRD^{0,84}$$

$$FFS = 75,4 - 0 - 0 - 3,22(3^{0,84}) = 67,3 \text{ mi/h}$$

Bước 3: Lựa chọn đường cong tốc độ dòng tự do FFS

Vì tốc độ dòng tự do FFS được tính toán trong bước 2 lớn hơn 62,5 mi/h và nhỏ hơn 67,5 mi/h, vì vậy đường cong tốc độ dòng 65 mi/h sẽ được lựa chọn.

Bước 4: Xác định số lượng làn xe

Bởi vì đây là bước phân tích thiết kế nên bước 4 của bài phân tích khai thác đường thông thường phải được điều chỉnh. Công thức sau có thể được sử dụng trực tiếp để xác định số lượng làn xe cho mức phục vụ D:

$$N = \frac{V}{MSF_i \cdot PHF \cdot f_{HV} \cdot f_p}$$

Phải xác định giá trị lưu lượng xe cho phép lớn nhất MSF_i từ bảng 3.3 ứng với tốc độ dòng $FFS = 65 \text{ mi/h}$ và mức phục vụ D. Giá trị này là 2030 xqcđ/h/làn. Hệ số PHF đã cho là 0,85. Hệ số điều chỉnh do nhóm người tham gia giao thông là 1,00. Hệ số điều chỉnh do xe nặng (15% xe tải và 3% xe du lịch) được xác định từ bảng 3.7 đối với địa hình đồng bằng. Hệ số qui đổi của xe tải và xe du lịch tương ứng là 1,5 và 1,2. Do đó:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0,15 \cdot (1,5 - 1) + 0,03 \cdot (1,2 - 1)} = 0,925$$

Và:

$$N = \frac{4000}{2030 \cdot 0,85 \cdot 0,925 \cdot 1,00} = 2,51 \text{ làn}$$

Số làn cần phải được làm tròn, vì vậy để có mức phục vụ tối thiểu D thì cần phải xây dựng mỗi hướng 3 làn, tức là đường cao tốc 6 làn xe.

Đến đây thì các bước thiết kế xác định số làn sẽ kết thúc. Tuy nhiên, cũng có thể tiếp tục xem xét tính toán vận tốc, mật độ, và mức phục LOS khi tuyến đường mỗi hướng 3 làn xe được xây dựng. Vì vậy, ví dụ này được tiếp tục với bước 5 và 6.

Bước 5: Xác định vận tốc và mật độ

Để tiếp tục với những tính toán trên thì cần phải quay trở lại việc phân tích khai thác của đoạn đường cao tốc với lưu lượng xe 4000 xqcđ/h.

Công thức (3.2) sẽ được sử dụng để tính toán lưu lượng xe qui đổi:

$$v_p = \frac{V}{PHF \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_p}$$
$$v_p = \frac{4000}{0,85 \cdot 3 \cdot 0,925 \cdot 1,00} = 1696 \text{ xe/h/làn}$$

Trong trường hợp này, tốc độ dòng có thể được xác định theo toán đồ ở hình 3.4 hoặc theo công thức tính gần đúng trong bảng 3.4 trong đó tốc độ dòng tự do FFS = 65 mi/h và lưu lượng xe 1400 xe/h/làn, ta có:

$$S = 65 - 0,00001418(v_p - 1400)^2$$
$$S = 65 - 0,00001418(1696 - 1400)^2 = 63,8 \text{ mi/h}$$

Theo đó, mật độ có thể được tính theo công thức:

$$D = \frac{v_p}{S} = \frac{1696}{63,8} = 26,6 \text{ xe/mi/làn}$$

Bước 6: Xác định mức phục vụ (LOS)

Từ bảng 3.2, với mật độ 26,6 xe/mi/làn sẽ tương ứng với mức phục vụ LOS D nhưng nó lại gần với ranh giới của của mức phục vụ C với mật độ lớn nhất cho phép là 26 xe/mi/làn.

Kết luận:

Kết quả cuối cùng là phức phục vụ D và đây cũng là mục tiêu của dự án thiết kế. Mặc dù số lượng làn xe tối thiểu là 2,51 tương ứng với mức phục vụ D, tuy nhiên trong thực tế xây dựng 3 làn xe sẽ gần với ranh giới mức phục vụ C. Như vậy, trong bất kì trường hợp nào, mức phục vụ đề ra cũng được thỏa mãn với đường cao tốc 6 làn xe.

c) Ví dụ 3: Mức phục vụ và khả năng thông qua của đường cao tốc 6 làn xe

Cho:

Lưu lượng xe hiện tại mỗi hướng là 5000 xe/h; trong 3 năm tiếp theo, lưu lượng xe được dự báo là 5600 xe/h; trong thành phần dòng xe có 10% xe tải và 0% xe du lịch; địa hình vùng đồng bằng; mỗi hướng có 3 làn xe; tốc độ dòng đo lường thực tế FFS = 70 mi/h; hệ số giờ cao điểm PHF = 0,95; người tham gia giao thông thường xuyên sử dụng con đường; hệ số tăng trưởng xe hàng năm là 4%.

Xác định:

Với hệ số tăng trưởng xe hàng năm như trên thì đến khi nào con đường sẽ bị vượt quá khả năng thông hành?