



PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ ĐỊNH LƯỢNG THIẾT KẾ ĐIỀU HÒA CÁC YẾU TỐ HÌNH HỌC TUYẾN ĐƯỜNG Ô TÔ

Vũ Hoài Nam¹, Nguyễn Việt Phương¹

Tóm tắt: Thiết kế điều hòa các yếu tố hình học ngày càng được chú trọng trong thiết kế và khai thác đường ô tô ở nhiều nước trên thế giới. Việc xác định và xử lý các chỗ bất hợp lý có thể cải thiện đáng kể hiệu quả khai thác và an toàn chạy xe. Bài báo trình bày tổng quan các công trình nghiên cứu và thực tế ứng dụng của các phương pháp đánh giá thiết kế điều hòa và các mô hình định lượng đã được phát triển. Các phương pháp có thể được phân loại theo 4 nhóm: tốc độ khai thác, sức chịu tải người lái, ổn định động học xe, chỉ số tuyến. Ngoài ra, bài báo cũng giới thiệu một số mối liên hệ giữa thiết kế điều hòa đối với an toàn giao thông.

Từ khóa: Thiết kế điều hòa; an toàn đường bộ; tốc độ khai thác; ổn định động học xe; chỉ số tuyến; sức chịu tải người lái.

Abstract: Nowadays, consistency is becoming an important target for both in highway geometric design and operation. Identifying and treating any inconsistency on a highway can significantly improve its exploit efficiency and safety performance. This paper reviews the current practices and research works related to identifying quantitative measures for design consistency evaluation so far. These methods can be classified into four main categories: operating speed, vehicle stability, alignment indices, and driver workload. In addition, the paper also investigates the relationship between design consistency and road safety either qualitatively or quantitatively.

Keywords: Geometric design consistency; road safety; operating speed; vehicle stability; alignment indices; driver workload.

Nhận ngày 08/01/2013, chỉnh sửa ngày 11/3/2013, chấp nhận đăng 30/3/2013



1. Đặt vấn đề

Đánh giá thiết kế điều hòa các yếu tố hình học tuyến đường ô tô đã được nghiên cứu ở nhiều quốc gia trên thế giới trong khi vấn đề này chưa được chú trọng ở Việt Nam mặc dù đã đề cập đến một số yêu cầu phối hợp các yếu tố tuyến [1]. Nhiều kỹ sư mới chỉ chú ý tới việc đảm bảo các thông số hình học không vi phạm quy trình mà thiếu sự quan tâm đúng mức tới việc thiết kế điều hòa phối hợp các yếu tố - bộ phận hình học tuyến đường.

Thiết kế điều hòa là sự phù hợp các yếu tố hình học của đường với sự chờ đợi của người lái, tránh thay đổi đột ngột các đặc tính hình học của các bộ phận đường liên tiếp. Do đó, đóng góp đáng kể vào hiệu quả khai thác, tăng an toàn chạy xe. Các yếu tố hình học của đường, điều kiện của phương tiện và môi trường hai bên đường là những dữ liệu đầu vào trước hết cho nhiệm vụ lái xe, dùng để xác định sức chịu tải yêu cầu của người lái. Các dữ liệu này được xử lý nhanh và hiệu quả như thế nào là phụ thuộc vào năng lực của người lái. Khi thông tin không rõ ràng, người lái có thể sử dụng một tốc độ không phù hợp và tai nạn có nguy cơ xảy ra. Ngược lại, khi thiết kế điều hòa được đảm bảo, tất cả các thay đổi bất ngờ trong các đặc tính hình học của đường ở các bộ phận liên tiếp được loại bỏ, góp phần ngăn chặn và giảm thiểu tai nạn giao thông (TNGT).

¹ TS, Khoa Xây dựng Cầu đường. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: vuhoainamma@yahoo.com



2. Một số nguyên tắc thiết kế phối hợp

Nguyên tắc phối hợp các yếu tố tuyến được đề cập trong nhiều tài liệu, ví dụ “vị trí đường cong đứng nên trùng với đường cong nằm, hai đỉnh đường cong không nên lệch nhau quá 1/4 chiều dài đường cong ngắn hơn” [4]. Nhưng trong một số trường hợp thực tế ở Việt Nam, TNGT lại tập trung ở dải độ lệch đỉnh nhỏ từ 0 - 40m. Quan sát các số liệu, mặc dù việc bố trí đường cong nằm và đường cong đứng có đỉnh trùng nhau hoặc lệch nhau ít, tuy nhiên lại vi phạm về các nguyên tắc bố trí khác như: đường cong đứng quá ngắn trong phạm vi đường cong nằm dài; đường cong đứng lùi trước đường cong nằm; tỷ lệ bán kính giữa đường cong nằm và đường cong đứng lấy tùy tiện, không nằm trong khoảng $R_{\text{nằm}}/R_{\text{đứng}} = (1/10 \text{ đến } 1/5)$. Các vi phạm về nguyên tắc bố trí này làm cho tuyến đường bị khuất khúc, bị rung rinh, bị giật cục, dẫn đến các nhận định sai lầm về hình ảnh của tuyến trong không gian, khiến tỷ lệ TNGT tăng lên.

Vì vậy, việc phối hợp các yếu tố tuyến còn phải tuân theo các nguyên tắc sau [2]:

- Đỉnh đường cong đứng lõm nên bố trí trước đường cong nằm nếu đường cong nằm ngoặt phải và sau đường cong nằm nếu đường cong nằm ngoặt trái; lúc này bán kính đường cong đứng lớn hơn 6 lần bán kính đường cong nằm ($R_v > 6R$).

- Không thiết kế đường cong đứng quá ngắn trong phạm vi của đường cong nằm dài.

- Không nên bố trí đường cong đứng lùi trước đường cong nằm.

- Chiều dài đường cong nằm nên xấp xỉ chiều dài đường cong đứng.

2.1 Các tiêu chí định lượng đánh giá sự điều hòa trong thiết kế

Phần lớn các nghiên cứu tập trung vào các phương pháp định lượng để đánh giá sự điều hòa trong thiết kế và phát triển các mô hình phục vụ việc định lượng. Các phương pháp sử dụng hiệu quả trong đánh giá thiết kế điều hoà các yếu tố hình học của tuyến đường bao gồm: tốc độ khai thác, sức chịu tải người lái, ổn định động học xe, chỉ số tuyến.

2.2 Tốc độ khai thác và sự điều hòa của tuyến đường

Thông số sử dụng nhiều nhất trong đánh giá thiết kế điều hoà tuyến là tốc độ khai thác, xác định bằng V_{85} . Theo AASHTO [11], tốc độ khai thác là tốc độ được lái xe chọn để vận hành xe trong điều kiện dòng tự do. Theo [10]: tốc độ V_{85} là tốc độ mà có đến 85% xe trong tập mẫu chạy bằng hoặc dưới vận tốc đó trong điều kiện dòng tự do, thời tiết và tầm nhìn bình thường. Sự thay đổi tốc độ lớn và đột ngột là biểu hiện rõ nhất của một thiết kế thiếu hài hòa. Xem xét tốc độ khai thác dọc tuyến có thể đánh giá mức độ điều hòa của tuyến đường để đảm bảo hiệu quả - an toàn khai thác.

- Cách thứ nhất: đánh giá mức độ hài hòa tuyến dựa trên sự khác nhau về tốc độ khai thác giữa hai đoạn đường liên tiếp như là hai đường cong liên tiếp hoặc đường thẳng - đường cong hoặc hai đoạn thẳng liên tiếp. Với các đoạn liên tiếp i và $i+1$: $|V_{85}^i - V_{85}^{i+1}|$, [5,6].

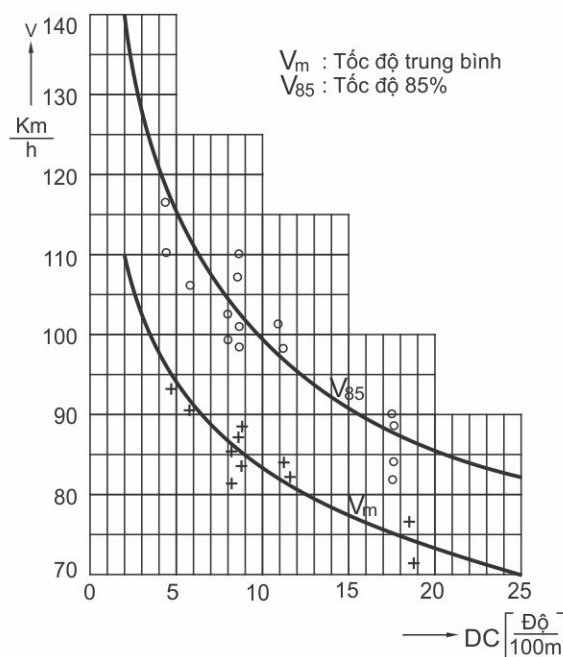
- Cách thứ hai: đánh giá dựa vào sự khác nhau giữa giá trị tốc độ thiết kế V_{tk} và tốc độ khai thác V_{85} trên cùng một đoạn.

Bảng 1. Các tiêu chí đánh giá điều hòa tuyến theo tốc độ khai thác

Cách 1		Cách 2	
$ V_{85}^i - V_{85}^{i+1} \leq 10 \text{ km/h}$	Tốt	$ V_{85} - V_{tk} \leq 10 \text{ km/h}$	Tốt
$10 \text{ km/h} < V_{85}^i - V_{85}^{i+1} \leq 20 \text{ km/h}$	Trung bình	$10 \text{ km/h} < V_{85} - V_{tk} \leq 20 \text{ km/h}$	Trung bình
$ V_{85}^i - V_{85}^{i+1} > 20 \text{ km/h}$	Xấu	$ V_{85} - V_{tk} > 20 \text{ km/h}$	Xấu

Nhiều toán đồ tra cứu được nhiều nước xây dựng thể hiện mối quan hệ giữa các bán kính đường cong nằm ứng với thiết kế tốt, bình thường và xấu. Với tiêu chí này, thiết kế khuyến khích sử dụng tuyến cong (cong - cánh ngắn - cong) thay vì truyền thống (cánh dài - cong - cánh dài) [3].

Hầu hết các nghiên cứu đều chỉ ra rằng việc đánh giá tốc độ trong đường cong dễ hơn việc dự đoán tốc độ trên đường thẳng do tồn tại mối tương quan mạnh giữa tốc độ V_{85} với một vài giá trị giới hạn khác như bán kính, độ cong của đường cong, hệ số thay đổi mức ngoặt của đường cong, siêu cao, hệ số ma sát ngang giữa mặt đường và lốp xe... các yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình thay đổi tốc độ khai thác dọc tuyến.



Hình 1. Toán đồ quan hệ giữa vận tốc khai thác và thông số hình học [5]

2.3 Sức chịu tải người lái

Sức chịu tải của người lái được xem như thước đo nỗ lực hoạt động của người điều khiển phương tiện. Nó trả lời cho hai câu hỏi “Cần chú ý nhiều bao nhiêu” và “Liệu người lái thực hiện công việc tốt như thế nào nếu nhận thêm công việc, hoặc bị chất thêm tải” [2].

Mặc dù sức chịu tải của người lái được xem như là một phương pháp hứa hẹn trong đánh giá sự điều hòa của thiết kế, nhưng nó chưa được sử dụng nhiều do sự phức tạp của phương pháp cũng như cần các nghiên cứu bổ sung cần thiết để định lượng hóa và cụ thể hóa quá trình vận dụng.

Sức chịu tải tăng lên đối với các tuyến có thiết kế hình học phức tạp, khó khăn trong nhận biết phán đoán tình huống, hoặc đường có tiềm năng nguy hiểm. Đây là một thước đo phía người sử dụng đường so sánh với các phương pháp đánh giá điều hòa khác được xem là phía người thiết kế. Mặc dù sự thay đổi sức chịu tải trí não của người lái do thiết kế không hài hòa cho đến nay vẫn chưa có phương pháp đo, nhưng chắc chắn có đóng góp trong các tai nạn. Thiết kế nên tránh tạo ra các đoạn đường tạo ra sức chịu tải quá nhỏ (gây chủ quan) hoặc quá lớn (gây nguy hiểm) cho người lái [2].

Theo Misaghi [6], sức chịu tải người lái có thể được tổng kết lại:

- Nếu sức chịu tải cao hoặc thay đổi sức chịu tải đột ngột sẽ dẫn đến tăng tiềm năng va chạm.
- Mức làm việc hoặc sức chịu tải người lái có ảnh hưởng đáng kể bởi đặc tính hình học các đường cong nằm trên đường.
- Nhu cầu thị giác của người lái tăng lên ở khoảng cách 90m trước khi bắt đầu vào đường cong, đạt đến giá trị lớn nhất gần với lúc bắt đầu, vẫn gần như không đổi trong suốt đường cong và dần dần trở về giá trị ban đầu sau khi kết thúc đường cong.

Một phương pháp đánh giá sức chịu tải của người lái được Messer (1980) [8] đề xuất theo một thang thước đo các ngưỡng có 6 mức, mức 0 là không có vấn đề gì và mức 6 là mức nguy hiểm. Nhóm gồm 21 chuyên gia đánh giá 9 đặc trưng hình học theo 6 mức. Những đánh giá này được lấy trung bình cho mỗi đặc trưng và sau đó được đánh giá chi tiết hơn qua hệ số R_i gọi là mức tiềm năng chịu tải cho các đặc trưng hình học khác nhau.

Các kết quả chỉ ra rằng nếu $WL_n < 1$ thì thiết kế được xem là hài hòa, nếu $WL_n > 6$ thì thiết kế đó được xem là không hài hòa và có sự tồn tại của thiết kế hình học bất hợp lý.

Bảng 2. Các mô hình đánh giá sức chịu tải của người lái

Mô hình		Biến
1	$VD_{LU} = 0.173 + \frac{43}{R}$	VD_{LU} - nhu cầu thị giác của người lái không quen đường VD_{LF} - nhu cầu thị giác của người lái quen đường R - bán kính đường cong nằm (m)
2	$VD_{LF} = 0.198 + \frac{29.2}{R}$	
3	$WL_n = U.E.S.R_f + C.WL$	U - hệ số quen đường; E - hệ số phán đoán của đặc trưng; S - hệ số tầm nhìn ($0.6 < S < 1.8$); R_f - mức tiềm năng chịu tải; C - hệ số chồng lấn của các yếu tố hình học. WL_n - sức chịu tải của người lái; WL - sức chịu tải của người lái trong điều kiện tiêu chuẩn

Bảng 3. Đánh giá mức độ điều hòa tuyến theo phương pháp sức chịu tải của người lái

Sự phán đoán của người lái	Mức điều hòa	Hệ số mức chịu tải
Không có vấn đề trong phán đoán	A	≤ 1
	B	≤ 2
Có thể hơi ngạc nhiên	C	≤ 3
	D	≤ 4
	E	≤ 5
Bị bất ngờ, có thể xảy ra những vấn đề lớn	F	≤ 6

2.4 Ổn định động học của xe

Nhiều nghiên cứu đã đề nghị sử dụng sự ổn định động học của xe là một tiêu chí đánh giá thiết kế điều hoà tuyến và an toàn giao thông dựa trên đánh giá ngưỡng an toàn khi chiếc xe chạy với tốc độ khai thác khi qua đường cong. Xe bị trượt, lật và đầu đầu trực tiếp khi xe chạy vào đường cong có thể là do lực ly tâm quá lớn. Lực này được xác định theo công thức sau [2]:

$$R = \frac{V^2}{127 \times (e + f_s)} \quad (1)$$

trong đó: f_s - hệ số lực ma sát ngang; V - tốc độ thiết kế (m/s); R - bán kính đường cong (m); e - siêu cao (%).

Sự ổn định động học thường được đánh giá dựa trên sự khác nhau giữa lực ma sát ngang yêu cầu và khả năng có sẵn (lực ma sát ngang thiết kế). Có hai cách ứng xử của người lái khi vào đường cong: người lái giảm tốc độ xe chạy để hệ số lực ngang chấp nhận được; hoặc người lái xe chấp nhận chịu một hệ số lực ngang lớn hơn thay vì phải giảm tốc độ. Cách ứng xử nào xảy ra phụ thuộc vào nhận định của người lái xe về tình huống đường. Nhiều mô hình đã xây dựng công thức xác định hệ số lực ma sát ngang và được tổng hợp ở bảng 4.

Sự lựa chọn hệ số lực ma sát ngang thiết kế cho một đường cong nằm sẽ chỉ được coi là tốt khi nó phù hợp hệ số lực ma sát ngang phát sinh từ nhu cầu thực tế chạy xe và điều kiện hình học của đường cong, đồng thời nằm trong giới hạn của hệ số lực ma sát ngang phổ biến lớn nhất có thể đạt được từ tình trạng mặt đường, thời tiết và lốp xe. Theo quan điểm của nhiều nước, giới hạn an toàn nên nằm trong khoảng từ -0,03 đến +0,015 được coi là chấp nhận được. Nếu làm được như vậy, cường độ tai nạn sẽ giảm đi [3].

Một biện pháp đơn giản khác là nâng thêm siêu cao. Người ta ước tính rằng nâng thêm độ dốc siêu cao khoảng 2% so với độ dốc siêu cao thiết kế có thể làm giảm từ 10 - 11% số vụ tai nạn với hình thái ứng xử thứ nhất của người lái. Ngoài ra với cách ứng xử thứ hai, thực tế cho thấy việc tăng siêu cao thêm 2% so với quy trình không gây ra ảnh hưởng có hại nào [3].

Bảng 4. Các mô hình tính toán lực ma sát ngang

Mô hình		Biến
1	$f_{RA} = 0.082 + 4.692 \times 10^{-3} V_{85} - 7 \times 10^{-5} V_{85}^2$	f_{RA} - lực ma sát ngang thiết kế; V_{85} - tốc độ khai thác (km/h); V_D - tốc độ thiết kế (km/h); R - bán kính ĐCN (m); e - độ dốc siêu cao (%);
2	$f_{RA} = 0.25 - 2.04 \times 10^{-3} V_D - 0.63 \times 10^{-5} V_D^2$ Địa hình bằng phẳng $e_{\max} = 0.08$	
3	$f_{RA} = 0.22 - 1.79 \times 10^{-3} V_D + 0.56 \times 10^{-5} V_D^2$ Địa hình đồi núi $e_{\max} = 0.07$	
4	$f_{RA} = 0.05 - 0.45 \times 10^{-3} V_D + 0.14 \times 10^{-5} V_D^2$ Cho tất cả các loại địa hình $e_{\min} = 0.025$	
5	$f_{RD} = 0.253 + 2.330 \times 10^{-3} V_{85} - 9 \times 10^{-5} V_{85}^2$	f_{RD} - lực ma sát ngang yêu cầu; V_a - 85% tốc độ xấp xỉ (km/h); V_c - 85% tốc độ trong đường cong (km/h); I_{TR} - chỉ số biến.
6	$f_{RD} = -e + \frac{V_{85}^2}{127 \times R}$	
7	$f_{RD} = 0.256 - 0.022 V_a + B \times (V_a - V_c) I_{TR}$ trong đó: $V_c = 63.5 R \times \left(-B + \sqrt{B^2 + \frac{4c}{127R}} \right) \leq V_a$ $c = \frac{e}{100} + 0.256 + (b - 0.0022) \times V_a$ $B = 0.0133 - 0.0074 I_{TR}$	

Bảng 5. Đánh giá sự ổn định động học của xe [2]

Đánh giá	Tiêu chí an toàn
Tốt	$\Delta f_R = f_{RA} - f_{RD} \geq +0.01$
Bình thường	$+0.01 > \Delta f_R \geq -0.04$
Xấu	$-0.04 > \Delta f_R$

2.5 Chỉ số tuyến

Phương pháp chỉ số tuyến dùng để đánh giá định lượng các đặc điểm hình học của các bộ phận đường (bình đồ, trắc dọc, trắc ngang,...) trên một đoạn đường trong thiết kế hoặc khai thác [2]. Các thiết kế không đều đặn, không hài hoà sẽ dẫn đến những đặc trưng chung của đoạn tuyến bị thay đổi đáng kể. Việc xây dựng các chỉ số tuyến giúp người thiết kế dễ dàng phát hiện và sửa chữa các khiếm khuyết hình học của các bộ phận đường riêng lẻ so với các bộ phận tương tự trên cả đoạn đường, hoặc cả hệ thống. Sự "đị biệt" này, thường là nơi giảm thiểu hiệu quả khai thác hoặc phát sinh tai nạn.

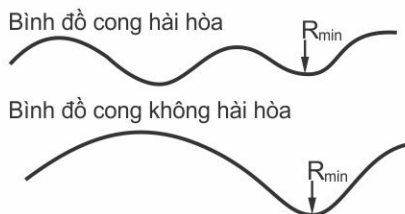
Sử dụng chỉ số tuyến để đánh giá sự điều hòa trong thiết kế có nhiều ưu điểm [6] như dễ sử dụng và dễ hiểu đối với người thiết kế; dễ so sánh các bộ phận đường với nhau dựa trên quan điểm tổng thể; định lượng được sự tương tác giữa đường cong nằm và đường cong đứng. Những thiết kế không điều hòa xảy ra khi có sự tăng, giảm đáng kể về mặt giá trị của các chỉ số của các bộ phận đường kế tiếp, một tỉ lệ thay đổi cao trong các chỉ số ở một vài bộ phận đường, hoặc là sự khác biệt lớn giữa các đặc điểm riêng của đường và giá trị trung bình của các chỉ số kết hợp.

Bán kính trung bình thể hiện độ cua của đường cong (bán kính càng nhỏ thì đường cong càng cua gấp) mà người lái xe thường gặp trên một số đoạn đường. Một bán kính trung bình lớn sẽ thể hiện các đường cong đỡ cua gấp hơn, do đó tốc độ cao có thể sẽ được nhiều lái xe lựa chọn khi đi vào các đường cong này và ngược lại. Xem xét lại các vị trí xảy ra tai nạn cũng chỉ ra rằng tai nạn có xu hướng tập trung ở các đường cong, đặc biệt là các đường cong có bán kính nhỏ. Sử dụng bán kính trung bình, mỗi đường cong có thể được đánh giá sự khác biệt với các đặc điểm thông thường của tuyến đường và do đó chỉ ra sự không điều hòa:

$$AR = \frac{\sum R_i}{n} \quad (2)$$

trong đó: AR - bán kính trung bình của các đường cong (m); R_i - bán kính của đường cong thứ i (m); n - số đường cong của đường.

Tỉ số giữa bán kính lớn nhất và bán kính nhỏ nhất: Phạm vi biến đổi của bán kính đường cong của tuyến đường có thể được xác định bằng tỉ số giữa bán kính lớn nhất và nhỏ nhất. Khi giá trị này tiến gần về 1 (tức là sự thống nhất của bán kính thiết kế được lựa chọn tăng lên), tỷ lệ tai nạn được dự báo có thể giảm. Do đó, một con đường được thiết kế có các đường cong có bán kính xấp xỉ nhau thường được coi là một thiết kế phù hợp, ngay cả khi các đường cong đều có bán kính nhỏ, trong khi một con đường khác tương tự với một loạt các đường cong có bán kính khác nhau có thể được coi là một thiết kế không hài hòa [10].



Hình 2. Tương quan giữa các đường cong

Tuy vậy, tỷ lệ này chỉ có thể đánh giá tương đối nên cần sử dụng cùng với giá trị bán kính trung bình hoặc tối thiểu. Ngoài ra, tỷ lệ này không chỉ ra có bao nhiêu đường cong đang được so sánh, trên một giá trị chiều dài nào của đường và theo thứ tự chúng xuất hiện. Một chuyển tiếp từ bán kính lớn đến bán kính nhỏ có thể được chấp nhận nếu được thực hiện dần dần qua nhiều đường cong có bán kính nhỏ dần, nhưng sử dụng chỉ số này sẽ không làm rõ được. RR - tỉ số giữa bán kính lớn nhất và bán kính nhỏ nhất:

$$RR = \frac{R_{max}}{R_{min}} \quad (3)$$

trong đó: R_{max} - bán kính lớn nhất trên đoạn đường xem xét (m); R_{min} - bán kính nhỏ nhất trên đoạn đường xem xét (m).

Độ cong và hệ số thay đổi mức ngoặt của đường cong nằm: độ cong (DC), hệ số thay đổi mức ngoặt của một đường cong đơn (CCR), của các đường cong trên một đoạn (CCR_s) đều là các thông số hợp lý để đánh giá chất lượng thiết kế hoặc chất lượng khai thác của một tuyến đường, mặc dù có thể ở các mức độ khác nhau. Hệ số thay đổi mức ngoặt của đường cong CCR được đề xuất ở CHLB Đức như sau:

- Đối với đường tròn có bán kính R (m) và chiều dài đường cong K (m) và góc ngoặt α (gon).

Ghi chú: Gon là đơn vị đo góc trong hệ bách phân, được sử dụng khá phổ biến ở các nước châu Âu. Trong hệ bách phân, một vòng tròn được chia thành 400 gon; 1gon = 0,90 hay $63.7\text{gon} = 4000/2\pi$.

$$CCR = \frac{|\alpha|10^3}{K} = \frac{\frac{K}{R} \times 63.7 \times 10^3}{K}, \text{gon/km} \quad (4)$$

- Trường hợp đường cong phối hợp 3 bán kính R_1, R_2, R_3

$$|\alpha| = \left(\frac{K_1}{R_1} + \frac{K_2}{R_2} + \frac{K_3}{R_3} \right), \text{rad} \quad (5)$$

$$CCR_s = \frac{\left(\frac{K_1}{R_1} + \frac{K_2}{R_2} + \frac{K_3}{R_3} \right) \times 63.7 \times 10^3}{K_1 + K_2 + K_3}, \text{gon/km} \quad (6)$$

- Đối với tổ hợp đường cong clothoid L_1 - đường cong tròn R , K - đường cong clothoid L_2

$$|\alpha| = \left(\frac{L_1}{2R} + \frac{K}{R} + \frac{L_2}{2R} \right), \text{rad} \quad (7)$$

$$CCR_s = \frac{\left(\frac{L_1}{2R} + \frac{K}{R} + \frac{L_2}{2R} \right) \times 63.7 \times 10^3}{L_1 + K + L_2}, \text{gon/km} \quad (8)$$

Bảng 6. Tiêu chí đánh giá theo CCR

Tiêu chí an toàn		Đánh giá
Trường hợp đường cong đơn	Trường hợp đường cong liên tiếp	
$CCR_i \leq 180 \text{ gon/km}$	$ CCR_i - CCR_{i+1} \leq 180 \text{ gon/km}$	Tốt
$180 \text{ gon/km} < CCR_i \leq 360 \text{ gon/km}$	$180 \text{ gon/km} < CCR_i - CCR_{i+1} \leq 360 \text{ gon/km}$	Trung bình
$CCR_i > 360 \text{ gon/km}$	$ CCR_i - CCR_{i+1} > 360 \text{ gon/km}$	Xấu

Bảng 7. Tiêu chí đánh giá thông số độ cong DC

Tiêu chí an toàn	Đánh giá
$\Delta DC \leq 5^\circ$	Tốt
$5^\circ \leq \Delta DC \leq 10^\circ$	Trung bình
$\Delta DC \geq 10^\circ$	Xấu
ΔDC : sự thay đổi độ cong của 2 đường cong liên tiếp	

Tại Mỹ, thông số được đề nghị là độ cong DC , biểu thị mức độ thay đổi độ cong phụ thuộc vào bán kính đường cong lựa chọn R , khi lựa chọn trị số bán kính đường cong tròn càng lớn thì độ cong này càng nhỏ:

$$DC_{ft} = \frac{360^\circ}{2\pi R} = \frac{5729.6}{R} (\text{độ}/100 \text{ ft}) \quad \text{hoặc} \quad DC_m = \frac{63700}{R} (\text{gon}/\text{km}) \quad (9)$$

Chiều dài trung bình đường cánh tuyến chỉ ra chiều dài điển hình có hiệu lực cho người lái xe giữa các đường cong của một con đường:

$$AT = \frac{\sum TL_i}{n} \quad (10)$$

trong đó: TL_i - chiều dài đường cánh tuyến thứ i (km); n - số lượng đường cánh tuyến trên đoạn đường xét.

Một giá trị lớn của chỉ số này sẽ cho ta thấy con đường có các đường cánh tuyến dài, vì vậy tốc độ của người lái xe dự kiến sẽ cao hơn so với con đường có chỉ số này nhỏ. Giá trị này cũng cho thấy tình trạng của các vấn đề giao thông trên các đoạn đường nếu đường cánh tuyến quá dài và gây ra đơn điệu cho người lái xe hoặc một đường cong có bán kính nhỏ được đặt ở cuối một đường cánh tuyến dài. Đôi khi người ta còn đánh giá thông qua tỷ số L/R giữa chiều dài đường cánh tuyến L với bán kính đường cong liên kế R .

Tỉ lệ trung bình uốn cong theo trắc dọc:

$$AVC = \frac{\sum \frac{L_i}{|A|_i}}{n} \quad (11)$$

trong đó: L_i - chiều dài của đường cong đứng thứ i (m); $|A|_i$ - giá trị tuyệt đối của hiệu đại số độ dốc của đường cong đứng thứ i trên đường; n - số lượng đường cong đứng.

Việc kết hợp các đường cong đứng gần đây đã được nghiên cứu trong mối quan hệ giữa tầm nhìn dừng xe với tốc độ hoặc tai nạn; và giữa các cấp của đường với tốc độ hoặc tai nạn. Những nghiên cứu này cho thấy cấp đường và tầm nhìn dừng xe có ảnh hưởng đến tốc độ khai thác.

Các mô hình này chỉ ra rằng trong số các chỉ số tuyến được đề nghị, bán kính trung bình đường cong, CRR (tỉ số bán kính đường cong độc lập và bán kính trung bình) và AVC (tỉ lệ trung bình uốn cong theo trắc dọc) có mối quan hệ thống kê đáng kể với tần suất va chạm.



3. Đánh giá tác động của sự điều hòa trong thiết kế đối với an toàn giao thông

Quan hệ định lượng giữa thiết kế điều hòa và tai nạn giao thông là công cụ quan trọng đánh giá tác động của thiết kế điều hòa đến an toàn của đường. Thiết kế đường có kể đến an toàn giao thông đã được phát triển ở nhiều nước, ví dụ ở Mỹ, FHWA đã phát triển một công cụ thiết kế đầy đủ, tập trung vào tình trạng an toàn của những lựa chọn thiết kế đường.

Anderson và các cộng sự (1999) đã nghiên cứu mối quan hệ giữa thiết kế điều hòa và an toàn, sử dụng mô hình hồi quy loglinear. Kết quả chứng minh rằng thiết kế điều hòa thực sự liên quan đến vấn đề an toàn. Hai mô hình đã được phát triển, chỉ ra mối quan hệ giữa tần suất tai nạn và lưu lượng xe, chiều dài đường cong và độ lệch tốc độ khai thác (ΔV_{85}), [9].

$$Y = \exp(-7.1977)AADT^{0.9224} \times L_{cr}^{0.8419} \times \exp(0.0662 \times \Delta V_{85}) \quad [R^2 = 0.195] \quad (12)$$

$$Y = \exp(-0.8571)MVKT \times \exp(0.078 \times \Delta V_{85}) \quad [R^2 = 0.195] \quad (13)$$

Một mô hình riêng biệt đã được phát triển, chỉ ra quan hệ giữa tần suất tai nạn đối với chiều dài đường cong và CRR (tỷ số bán kính đường cong nằm độc lập so với bán kính trung bình đường cong nằm). Số vụ tai nạn xảy ra trong đường cong nằm trong thời gian 3 năm:

$$Y = \exp(-5.932)AADT^{0.8265} \times L_{cr}^{0.7727} \times \exp(-0.3873 \times CRR) \quad [R^2 = 0.196] \quad (14)$$

trong đó: $AADT$ - lưu lượng xe trung bình ngày đêm; $MVKT$ - triệu xe-km hành trình trong thời gian 3 năm; L_{cr} - chiều dài đường cong, (km); ΔV_{85} - độ lệch tốc độ khai thác, (km/h).

Mặc dù các phương trình trên là rất hữu ích, các phương pháp điều hòa khác như sức chịu tải người lái, độ ổn định động học của xe vẫn chưa được xem xét, vẫn chưa có sự kết hợp nhiều phương pháp điều hòa trong một mô hình tính toán. Mô hình tính toán có sự kết hợp của nhiều phương pháp điều hòa có thể rất hữu ích cho việc dự đoán vấn đề an toàn của đường.

Nghiên cứu của Joanne và Sayed (2004) [7] sử dụng dữ liệu thiết kế hình học, tai nạn và lưu lượng giao thông thu thập trên đường hai làn xe ở Okanagan và Kootenay để phát triển của những mô hình dự báo tai nạn kết hợp với thiết kế điều hòa. *Tần suất tai nạn dự báo* theo mô hình phi tuyến tổng quát:

$$E = a_0 \times L^{a_1} \times V^{a_2} \times \exp\left(\sum_{j=1}^m B_j x_j\right) \quad (15)$$

trong đó: L - chiều dài đoạn đường đang xét; V - lưu lượng xe trung bình năm; x_j - biến thứ j của L và V ; a_0 , a_1 , a_2 và b_j : hệ số của phương trình tính toán.

Sáu mô hình tính toán (1-6, Bảng 8) chỉ ra mối quan hệ của mỗi phương pháp thiết kế điều hòa đến an toàn của đường, tần suất tai nạn có tương quan mạnh đến V_{85} - V_d , ΔV_{85} , VD_{LU} và VD_{LF} và có mối tương quan yếu đến Δf_i và CRR. Việc xem xét riêng lẻ như vậy có thể dẫn đến sự nhận xét không toàn diện đến điều kiện an toàn của đường. Vì vậy, Joanne C.W. Ng và Tarek Sayed [7] đã đưa ra hai phương pháp (7a, 7b, Bảng 8), thống kê đầy đủ mối quan hệ của thiết kế điều hòa đến an toàn của đường.

Bảng 8. Các mô hình dự báo tai nạn

TT	Mô hình
1	Sự khác nhau giữa tốc độ khai thác và tốc độ thiết kế ($V_{85}-V_d$) $E = \exp(-3.380)L^{0.8920}V^{0.5913}\exp[0.00909(V_{85}-V_d)]$
2	Độ lệch tốc độ khai thác ΔV_{85} : $E = \exp(-3.796)L^{0.8874}V^{0.5847}\exp(0.004828\Delta V_{85})$
3	Sự khác nhau giữa lực ma sát yêu cầu và lực ma sát ngang dự kiến (Δf_i) $E = \exp(-3.303)L^{0.8733}V^{0.5680}\exp(2.194\Delta f_i)$
4	Tỷ lệ của bán kính đường cong nằm độc lập so với bán kính trung bình đường cong nằm (CRR) $E = \exp(-3.159)L^{0.8898}V^{0.5906}\exp(-3.606CRR)$
5	Tầm nhìn yêu cầu trong trường hợp người lái không quen đường (VD_{LU}) $E = \exp(-4.297)L^{0.8866}V^{0.5831}\exp(3.076VD_{LU})$
6	Tầm nhìn yêu cầu trong trường hợp người lái quen đường (VD_{LF}) $E = \exp(-4.679)L^{0.8873}V^{0.5841}\exp(4.566VD_{LF})$
7a*	$E = \exp(-3.369)L^{0.8858}V^{0.5841}\exp[0.0049(V_{85}-V_d)+0.0253\Delta V_{85}-1.177\Delta f_i]$ *: phát triển dựa trên dữ liệu về đường cong nằm
7b**	$E = \exp(-2.338)L^{1.092}V^{0.4629}\exp[IC(0.022\Delta V_{85}-1.189\Delta f_i)]$ $IC = 0$: đường cánh tuyến; $IC=1$: đường cong nằm **: phát triển dựa trên dữ liệu đường cong nằm và đường thẳng



4. Kết luận

Qua các kết quả nghiên cứu trình bày ở trên có thể rút ra một số vấn đề sau:

- Đánh giá thiết kế điều hòa các yếu tố hình học tuyến đường ô tô đã và đang được nghiên cứu ở nhiều quốc gia trên thế giới, tập trung vào 4 nhóm chỉ tiêu, bao gồm: tốc độ khai thác, sức chịu tải người lái,

ổn định động học xe, chỉ số tuyến. Tuy vậy, các chỉ tiêu này vẫn cần hoàn thiện thêm để có tính khả thi, phổ biến và phản ánh đúng, đủ thiết kế điều hòa các yếu tố hình học tuyến đường. Xu hướng hiện nay ứng dụng mô phỏng 3D và thực nghiệm hiện trường kết hợp thiết bị công nghệ cao.

- Đánh giá thiết kế điều hòa còn chưa được chú trọng ở Việt Nam ngoài một số yêu cầu về phối hợp các yếu tố tuyến. Thiết kế truyền thống mới chỉ dừng lại ở việc đảm bảo các thông số hình học không vi phạm quy trình mà thiếu sự quan tâm đúng mức tới việc thiết kế điều hòa phối hợp các yếu tố - bộ phận tuyến đường.

- Có mối liên hệ chặt chẽ giữa thiết kế điều hòa hình học với an toàn khai thác tuyến đường. Do đó, cần triển khai việc đánh giá thiết kế điều hòa trong khuôn khổ thẩm tra/nghiên cứu/dự án an toàn giao thông ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Tiêu chuẩn Việt Nam. *Đường ô tô - Yêu cầu thiết kế TCVN 4054-05*.
2. Vũ Hoài Nam (2010), *Tập bài giảng Thiết kế hình học đường ô tô*, Trường Đại học Xây dựng.
3. Vũ Hoài Nam (2007), "Ngăn ngừa tai nạn giao thông từ giai đoạn thiết kế", *Hội nghị KHCN TEDI*, Hà Nội.
4. V.F Babkov (1984). *Điều kiện đường và an toàn giao thông*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội
5. Lamn, R., Hayward, J.C., and Cargin, J.G (1986), "Comparison of Different Procedures for Evaluating Speed Consistency", *Transportation Research Board, Washington D.C.* Vol.1100, pp.10-20.
6. Payman Misaghi (2003). *Design Consistency Evaluation*, Thesis dissertation Carleton University, Canada.
7. Joanne C.W.Ng and Tarek Sayed (2004). "Effect of geometric design consistency on road safety", *Canadian Journal of Civil Engineering*, Canada. Vol 31(2), pp.178-188.
8. Messer, C.J. (1980). "Methodology for evaluation geometric design consistency", *Transportation Research Board, Washington D.C.* Vol.757, pp.7-14.
9. Joanne Cheuk Waing (2000). *Quantifying the relationship between geometric design consistency and road safety*, B.A.Sc., University of British Columbia, Canada.
10. US Department of Transportation, Federal Highway Administration,(2000). *Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways*. FHWA-RD-99-171, Washington, D.C., USA.
11. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2004). *A policy on Geometric Design of Highways and Streets 2004*, 5th edition. Washington D.C., USA.