



STUDY TO DEFINE THE OPTIMIZED SPIRAL CURVE IN MAINTENANCE OF CURVE PARTS OF A RAILWAY ROUTE

Tran Duc Su

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO:

TYPE: Research Article

Received: 17/12/2021

Revised: 08/01/2022

Accepted: 18/01/2022

Published online: 15/02/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.2.6>

* *Corresponding author*

Email: tdsu@utc.edu.vn; Tel: +84913040312

Abstract. During the operation of railway route, the locations of detailed points on the spiral curve may be moved by several reasons. In order to ensure transport safety on a railway route, the detailed points of current curve need to redefine those accurate positions into the optimized spiral curve. In this paper, the spiral curve and geodetic error algorithms were studied to propose a method of optimized spiral curve determination. Firstly, the coordinates of current detailed points are measured by the total station, then the coefficients of current curve are calculated. Furthermore, the current coefficients are used to define the most probable value of coefficients of the optimized curve, then displacements of the current detailed points are calculated along to x or y axis of the coordinate system. The proposed method was verified by the experimental data. The result shows that, the proposed method is suitable to measure on ground and ensuring the precision of upgrading and maintaining the railway route.

Keywords: Spiral curve, railway route maintainance, error algorithm.

© 2022 University of Transport and Communications



NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐƯỜNG CONG CHUYỂN TIẾP TỐI ƯU KHI CẢI TẠO, NÂNG CẤP ĐOẠN CONG TUYẾN ĐƯỜNG SẮT

Trần Đức Sử

Trường Đại học Giao thông Vận tải, Số 3 phố Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO:

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 17/12/2021

Ngày nhận bài sửa: 08/01/2022

Ngày chấp nhận đăng: 18/01/2022

Ngày xuất bản Online: 15/02/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.2.6>

* Tác giả liên hệ

Email: tdsu@utc.edu.vn; Tel: +84913040312

Tóm tắt. Trong quá trình vận hành tuyến đường sắt, các điểm chi tiết trên đường cong chuyển tiếp có thể bị chuyển dịch bởi các nguyên nhân khác nhau. Để đảm bảo an toàn vận tải tuyến đường sắt, các điểm chi tiết trên đường cong chuyển tiếp hiện hữu cần được nâng cấp, cải tạo chuẩn hóa lại vị trí chính xác của chúng đến đường cong chuyển tiếp tối ưu. Bài báo nghiên cứu áp dụng lý thuyết của đường cong chuyển tiếp và lý thuyết sai số trong trắc địa để đưa ra phương pháp xác định đường cong chuyển tiếp tối ưu từ các điểm chi tiết trên đường cong chuyển tiếp hiện hữu. Trước tiên tọa độ các điểm chi tiết trên thực địa được đo bằng máy toàn đạc điện tử, sau đó xác định hệ số đường cong chuyển tiếp hiện hữu tại các điểm này và hệ số đường cong chuyển tiếp tối ưu. Trên cơ sở hệ số đường cong chuyển tiếp tối ưu xác định tọa độ và độ chuyển dịch các điểm chi tiết từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến đường cong chuyển tiếp tối ưu theo trục x hoặc trục y của hệ tọa độ. Phương pháp đề xuất đã được kiểm chứng bằng số liệu đo thực tế. Kết quả chỉ ra rằng, phương pháp đề xuất phù hợp với công tác đo đạc trên thực địa, đảm bảo độ chính xác nâng cấp và cải tạo tuyến đường sắt.

Từ khóa: đường cong chuyển tiếp, cải tạo tuyến đường sắt, lý thuyết sai số.

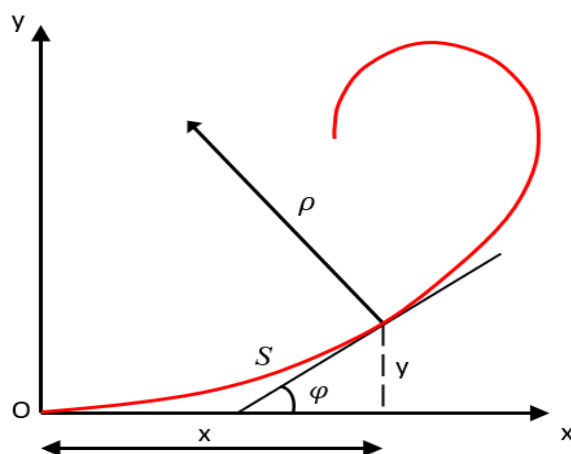
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi cải tạo, nâng cấp tuyến đường sắt việc xác định phục hồi trục tim tuyến là rất cần thiết, nhưng thực tế do điều kiện khai thác vận hành và địa hình hai bên tuyến đặc biệt trên những đoạn cong đã thay đổi nhiều nên khó có thể thực hiện được. Tuy nhiên, để đảm bảo chất lượng cải tạo, nâng cấp những đoạn cong của tuyến chúng ta có thể xác định được trục tim tuyến tối ưu. Vì vậy tác giả bài báo nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định đường cong chuyển tiếp tối ưu của đường cong tổng hợp trục tim đoạn cong tuyến đường sắt.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Đường cong chuyển tiếp

Sơ đồ đường cong chuyển tiếp (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ đường cong chuyển tiếp.

Phương trình đường cong chuyển tiếp [1-7], là :

$$\rho = \frac{C}{S} \quad (1)$$

Trong đó:

ρ - Bán kính cong tại điểm xem xét

S - Chiều dài đoạn cong từ điểm khởi đầu đến điểm xem xét

C - Hệ số đường cong chuyển tiếp

Nếu điểm xem xét là điểm cuối của đường cong chuyển tiếp, điểm đầu của đường cong tròn của đường cong tổng hợp [3-5], thì hệ số đường cong chuyển tiếp như sau :

$$C = R.L \quad (2)$$

Trong đó:

R - bán kính đường cong tròn

L - Chiều dài đường cong chuyển tiếp

Đường cong chuyển tiếp có dạng đường cong Clotoid (hình 1), vì vậy mọi điểm nằm trên đường cong Clotoid có tọa độ vuông góc [3, 4, 5, 8], được tính theo công thức :

$$\left. \begin{aligned} x &= S(1 - \frac{S^4}{40.C^2} + \dots) \\ y &= \frac{S^3}{6.C} (1 - \frac{S^4}{56.C^2} + \dots) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Trên thực tế, để bố trí đường cong chuyển tiếp thường dùng đường cong Parabol bậc 3. Khi đó, bán kính cong được xác định [3, 4, 5], như sau :

$$\rho = \frac{C}{x} \quad (4)$$

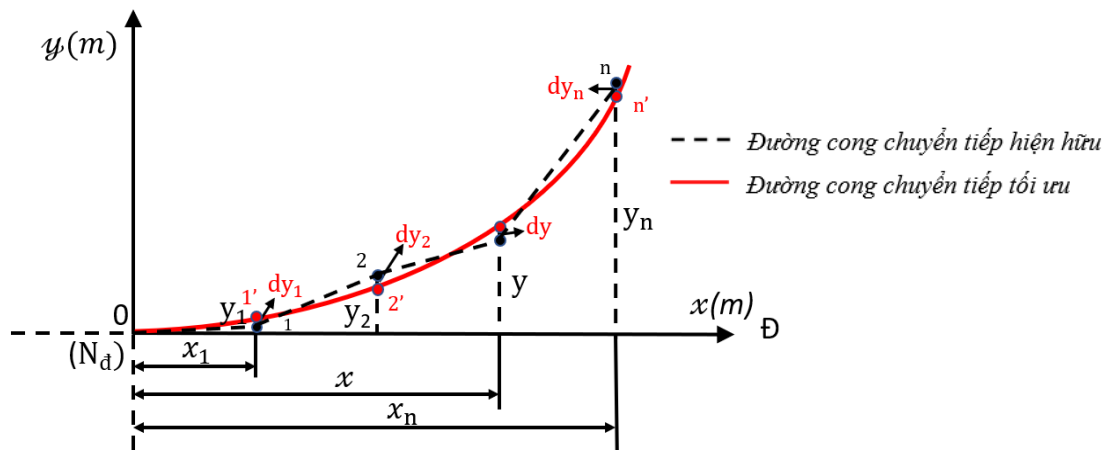
Và phương trình parabol bậc 3 dưới dạng tọa độ vuông góc [3, 4, 5], là :

$$y = \frac{x^3}{6C} \quad (5)$$

2.2. Đường cong chuyển tiếp tối ưu

2.2.1. Xác định hệ số đường cong chuyển tiếp tối ưu

Trên đoạn cong tuyến đường sắt cần cải tạo, nâng cấp chọn các điểm $N_d, 1, 2, \dots, n$ thuộc đường cong chuyển tiếp là điểm giữa hai tim của hai ray, khoảng cách giữa các điểm tùy thuộc vào điều kiện đo đạc nhưng thường là 10m, 15m, 20m (hình 2).



Hình 2. Sơ đồ xác định hệ số đường cong chuyển tiếp tối ưu.

Chọn hệ tọa độ vuông góc xOy , trong đó: O là điểm N_d - gốc tọa độ; trục x - hướng tiếp tuyến với đường cong chuyển tiếp hiện hữu tại N_d , là hướng nối các điểm giữa hai tim của hai ray phần đường thẳng trên thực tế; trục y vuông góc với trục x tại điểm N_d và hướng về tâm đường cong.

Dùng máy toàn đạc điện tử đo tọa độ giả định các điểm $1, 2, \dots, n$ là: $(x_i ; y_i)$; $(i = 1 \div n)$ trong hệ tọa độ xOy được xây dựng như trên.

Áp dụng công thức (5) tính được hệ số đường cong chuyển tiếp hiện hữu C_i tại các điểm theo công thức sau:

$$C_i = \frac{x_i^3}{6.y_i} \quad (6)$$

Nếu $C_1 = C_2 = \dots = C_n$ chứng tỏ các điểm 1, 2, ..., n nằm trên cùng một đường cong chuyển tiếp.

Nếu $C_1 \neq C_2 \neq \dots \neq C_n$ chứng tỏ các điểm 1, 2, ..., n không cùng nằm trên một đường cong chuyển tiếp mà nằm trên đường cong nào đó ta gọi là đường cong chuyển tiếp hiện hữu. Khi đó phải chuyển dịch các điểm chi tiết đến cùng một đường cong chuyển tiếp sao cho tối ưu nhất.

Tính giá trị xác suất nhất [9, 10] hệ số đường cong chuyển tiếp theo công thức sau :

$$C_{XS} = \frac{[C]}{n} \quad (7)$$

Trong đó:

$$[C] = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

n - số điểm chi tiết trên đường cong chuyển tiếp hiện hữu

Trong trường hợp này, đường cong chuyển tiếp có hệ số xác suất nhất là đường cong chuyển tiếp tối ưu (hình 2).

2.2.2. Xác định độ chuyển dịch

Chuyển dịch các điểm chi tiết 1, 2, ..., n từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến đường cong chuyển tiếp tối ưu có thể thực hiện theo một trục tọa độ x hoặc y, chuyển dịch theo trục nào phụ thuộc vào điều kiện đo đạc trên thực tế.

Trường hợp chuyển dịch theo trục y thì giữ nguyên giá trị x_i các điểm chi tiết ($i = 1 \div n$) trên đường cong chuyển tiếp hiện hữu và tính giá trị $y_{i'}$ các điểm chi tiết ($i' = 1' \div n'$) trên đường cong chuyển tiếp tối ưu theo công thức:

$$y_{i'} = \frac{x_i^3}{6.C_{XS}} \quad (8)$$

Như vậy tọa độ các điểm chi tiết ($i' = 1' \div n'$) trên đường cong chuyển tiếp tối ưu là ($x_i ; y_{i'}$). Độ chuyển dịch các điểm chi tiết ($i = 1 \div n$) từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến các điểm chi tiết ($i' = 1' \div n'$) trên đường cong chuyển tiếp tối ưu theo trục y là:

$$dy_i = y_{i'} - y_i \quad (9)$$

Trường hợp chuyển dịch theo trục x thì giữ nguyên giá trị y_i của các điểm chi tiết ($i = 1 \div n$) trên đường cong chuyển tiếp hiện hữu và tính giá trị $x_{i''}$ các điểm chi tiết ($i'' = 1'' \div n''$) trên đường cong chuyển tiếp tối ưu theo công thức:

$$x_{i''} = \sqrt[3]{6.C_{XS} \cdot y_i} \quad (10)$$

Như vậy tọa độ các điểm chi tiết ($i'' = 1'' \div n''$) trên đường cong chuyển tiếp tối ưu là ($x_{i''}; y_i$). Độ chuyển dịch các điểm chi tiết ($i = 1 \div n$) từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến các điểm chi tiết ($i'' = 1'' \div n''$) trên đường cong chuyển tiếp tối ưu theo trục x là:

$$dx_i = x_{i''} - x_i \quad (11)$$

2.2.3. Chuyển dịch các điểm chi tiết trên thực địa

Chuyển dịch các điểm từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến đường cong chuyển tiếp tối ưu theo trục y hay trục x trình tự thực hiện như nhau.

Trường hợp chuyển dịch các điểm chi tiết theo trục y (hình 2) : Dùng thước thép có khắc vạch mm, từ các điểm chi tiết ($i = 1 \div n$) trên đường cong chuyển tiếp hiện hữu theo hướng vuông góc với trục x là hướng tiếp tuyến với đường cong chuyển tiếp hiện hữu tại N_d , đặt các đoạn có dấu và giá trị bằng dy_1, dy_2, \dots, dy_n và đánh dấu trên thực địa được các điểm chi tiết ($i' = 1' \div n'$) với tọa độ $(x_i; y_i')$ thỏa mãn phương trình parabol bậc 3, ta nhận được vị trí các điểm chi tiết nằm trên đường cong chuyển tiếp tối ưu, hoặc có thể dùng máy toàn đạc điện tử căn cứ vào tọa độ $(x_i; y_i')$ bố trí các điểm chi tiết ($i' = 1' \div n'$), có tọa độ thỏa mãn phương trình parabol bậc 3, từ đó xác định đường cong chuyển tiếp tối ưu trên thực địa.

2.2.4. Trình tự xác định đường cong chuyển tiếp tối ưu

Trình tự xác định đường cong chuyển tiếp tối ưu gồm các bước sau đây :

- + Chọn các điểm chi tiết trên trục tìm đường cong phần đường cong chuyển tiếp.
- + Xác định hệ tọa độ giả định xOy trên thực địa.
- + Dùng máy toàn đạc điện tử đo tọa độ các điểm chi tiết trên đường cong chuyển tiếp hiện hữu.
- + Tính hệ số đường cong chuyển tiếp hiện hữu tại các điểm chi tiết.
- + Tính giá trị xác suất nhất của hệ số đường cong chuyển tiếp tối ưu.
- + Tính tọa độ các điểm chi tiết sau khi chuyển dịch từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến đường cong chuyển tiếp tối ưu theo trục y hay trục x.
- + Tính độ chuyển dịch các điểm chi tiết từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến đường cong chuyển tiếp tối ưu theo trục y hay trục x.
- + Thực hiện chuyển dịch các điểm chi tiết từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến đường cong chuyển tiếp tối ưu trên thực địa.
- + Dùng máy toàn đạc điện tử đo lại tọa độ các điểm chi tiết trên đường cong chuyển tiếp tối ưu sau khi chuyển dịch để kiểm tra.

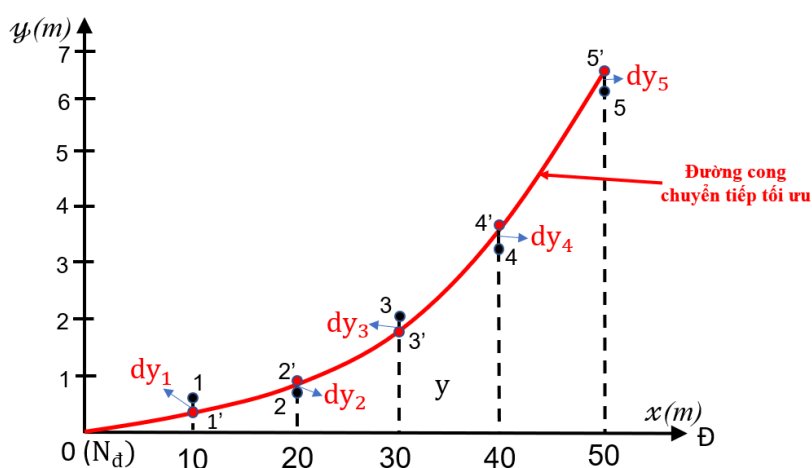
3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Kết quả nghiên cứu lý thuyết trên được kiểm chứng bằng thực nghiệm trên đoạn cong phần đường cong chuyển tiếp tuyến đường sắt đã khai thác vận hành trong thời gian dài. Phần thực nghiệm được tiến hành như sau:

- + Chọn điểm N_d và 5 điểm chi tiết trên trục tìm đoạn cong phần đường cong chuyển tiếp hiện hữu, khoảng cách giữa các điểm chi tiết khoảng 10m.
- + Dùng máy toàn đạc điện tử đo tọa độ các điểm chi tiết trong hệ tọa độ giả định xOy.
- + Kết quả đo, tính toán và sơ đồ chuyển dịch các điểm chi tiết từ đường cong chuyển tiếp hiện hữu đến đường cong chuyển tiếp tối ưu theo trục y được thể hiện trong Bảng 1 ; Hình 3.

Bảng 1. Kết quả đo và tính toán.

TT điểm i	Tọa độ điểm i (m)		Tính hệ số C_i	Tính hệ số C_{xs}	Tọa độ điểm i' (m)		Độ chuyển dịch dy_i (m)
	x_i	y_i			$x_{i'}$	$y_{i'}$	
0 (Nđ)	0	0			0	0	
1	10,032	0,075	2244	2963	10,032	0,056	-0,019
2	20,352	0,395	3557		20,352	0,474	+0,079
3	28,537	1,357	2854		28,537	1,307	-0,050
4	41,525	3,795	3145		41,525	4,028	+0,233
5	48,675	6,372	3016		48,675	6,487	+0,115
			[C] = 14516				



Hình 3. Sơ đồ chuyển dịch các điểm chi tiết.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu về lý thuyết và thực nghiệm, tác giả đưa ra kết luận như sau:

+ Phương pháp xác định đường cong chuyển tiếp tối ưu trên đoạn cong tuyến đường sắt có độ chính xác cao, sát với phương án thiết kế góp phần quan trọng nâng cao chất lượng cải tạo, nâng cấp và đảm bảo an toàn cho tàu chạy trên đoạn cong tuyến đường sắt.

+ Trình tự thực hiện xác định đường cong chuyển tiếp tối ưu trên đoạn cong có tính khả thi phù hợp với điều kiện thực tế khi cải tạo, nâng cấp đoạn cong tuyến đường sắt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. E.B. Kliusin và các tác giả, Trắc địa, Akademia, 2012.
- [2]. I.I. Kantor, Cơ sở khảo sát và thiết kế đường sắt, Nhedra, Moscova, 1999.
- [3]. V.D. BalSakov và các tác giả, Sách hướng dẫn trắc địa công trình, Nhedra, Moscova, 1987.

- [4]. V.G. Aphanasiev và các tác giả, Trắc địa trong xây dựng công trình giao thông, Nhedra, Moscova, 1978.
- [5]. N.N. Lebedev và các tác giả, Hướng dẫn thực hành trắc địa công trình, Nhedra, Moscova, 1977.
- [6]. V. Sill, Trắc địa công trình, Nhedra, Moscova, 1974.
- [7]. M.P. Sirotkin, Sách hướng dẫn trắc địa công trình giành cho người xây dựng, Nhedra, Moscova, 1968.
- [8]. V.D. BalSakov và các tác giả, Cẩm nang trắc địa (quyển 2), Nhedra, Moscova, 1975.
- [9]. Trần Đắc Sử và các tác giả, Trắc địa đại cương, Giao thông vận tải, Hà Nội, 2007.
- [10]. V.D. BalSakov và các tác giả, Lý thuyết xử lý kết quả đo đạc, Nhedra, Moscova, 1977.