

ỨNG DỤNG PHÉP ẢNH XẠ ẢNH TRONG VIỆC XÁC ĐỊNH

TỐC ĐỘ CỦA DÒNG GIAO THÔNG TẠI VIỆT NAM

Ths. Phí Văn Lâm

Bộ môn Điều khiển học - Khoa Điện – Điện tử

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Việc thu thập dữ liệu dòng giao thông là chức năng không thể thiếu của hệ thống quản lý, điều hành giao thông. Hiện tại ở các thành phố lớn như Hà Nội, Hồ Chí Minh các dòng giao thông thường có đặc trưng như: thành phần hỗn hợp, xe máy chiếm tỷ lệ lớn, các xe không chạy theo làn, tốc độ và khoảng cách giữa các xe không ổn định. Các đặc điểm trên dẫn đến khó có thể sử dụng các phương pháp, công nghệ phổ biến để thu thập dữ liệu về dòng giao thông trong các khu đô thị. Bài báo này trình bày về hướng tiếp cận ứng dụng công nghệ xử lý ảnh để tính toán tốc độ dòng giao thông tại các thành phố lớn ở Việt Nam phục vụ giải quyết bài toán quản lý, điều hành giao thông tại các thành phố lớn ở Việt Nam.

Summary: The data collection of traffic flow is an indispensable function of management systems, operating traffic. Currently in big cities such as Hanoi, Ho Chi Minh City traffic flows are often characterized as: component mixture, a large proportion of the motorcycle, the car does not run in lanes, speed and the distance between the vehicles unstable. These characteristics make it difficult to use these methods, popular technology to collect data on traffic flow in urban areas. This paper presents the approach to the application of image processing to calculate the speed of the traffic flow in the major cities in Vietnam serving solving the management and administration of traffic in major cities in Vietnam.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc tính toán tốc độ phương tiện tham gia giao thông là bài toán không còn là mới với việc sử dụng các công nghệ đơn giản như: vòng từ, siêu âm, hồng ngoại, vi sóng,... nhưng tất cả các phương pháp trên đều có chung các nhược điểm đó là: phải tác động đến kết cấu hình học của đường, giới hạn về phạm vi đo và loại phương tiện. Tuy vậy, việc sử dụng công nghệ mới đó là công nghệ xử lý ảnh trong bài toán đo tốc độ phương tiện lưu thông trên đường lại có ưu điểm vượt trội hơn hẳn đó là khả năng đo tốc độ trên một phạm vi rộng với nhiều làn khác nhau, có thể phân biệt được các chủng loại xe và không tác động tới kết cấu hình học của đường.

Sử dụng công nghệ xử lý ảnh để thu thập dữ liệu dòng giao thông là giải pháp được nghiên cứu khá sớm ở Việt Nam [1] và [2]. Trong hệ thống trên nhóm tác giả đã sử dụng xử lý ảnh trong việc đo tốc độ phương tiện tham gia giao thông trên cơ sở tính toán kích thước hình học và vị trí lắp đặt camera trên đường. Hơn nữa, mới đây việc xác định các tham số của dòng giao thông cũng được nghiên cứu và trình bày tại hội nghị chuyên đề về giao thông thông minh [5]. Tuy nhiên, có một vài tham số về camera và kích thước hình

học của việc bố trí camera là không cần thiết trong việc tính toán tốc độ phương tiện tham gia giao thông.

Tác giả đã trình bày phương pháp ánh xạ ảnh trong việc tính tốc độ phương tiện với mật độ thưa [4], tại đó tác giả đề ra phương pháp xác định tốc độ của phương tiện dựa vào phép chiếu ảnh lên một mặt phẳng vuông góc tạo cho việc xử lý ảnh được trở nên dễ dàng hơn và bài báo này nhằm ứng dụng phép ánh xạ ảnh và phương pháp Optical Flow trong việc xác định tốc độ của dòng giao thông tại các thành phố lớn ở Việt Nam.

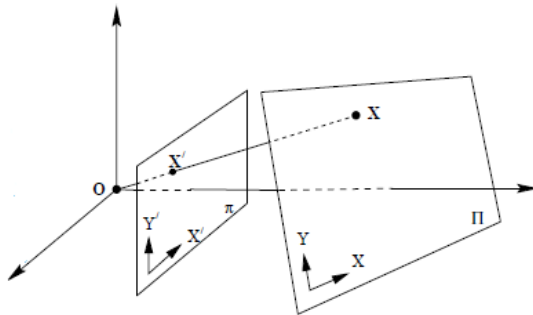
II. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

2.1. Các bước thực hiện

Dòng giao thông trong thành phố thường có mật độ cao, trong ảnh thu được, các phương tiện tham gia giao thông hoặc không tham gia giao thông có thể nằm ở trong cả khung hình. Vì vậy, thay cho việc phát hiện, tính tốc độ của tất cả các đối tượng trong ảnh thu được hệ thống tính toán tốc độ phương tiện chỉ xử lý và tính toán trên một vùng nhất định theo yêu cầu đặt ra trên một hoặc nhiều lần xác định trước thông qua việc xử lý ảnh với các chức năng sau:

- Tách vùng ảnh cần xử lý cho các bước sau và thực hiện tiền xử lý ảnh (sử dụng phép ánh xạ ngược).
- Sử dụng phương pháp Optical Flow để xác hướng dịch chuyển của dòng xe.
- Theo dõi chuyển động của dòng xe để xác định tốc độ chuyển động của dòng xe.

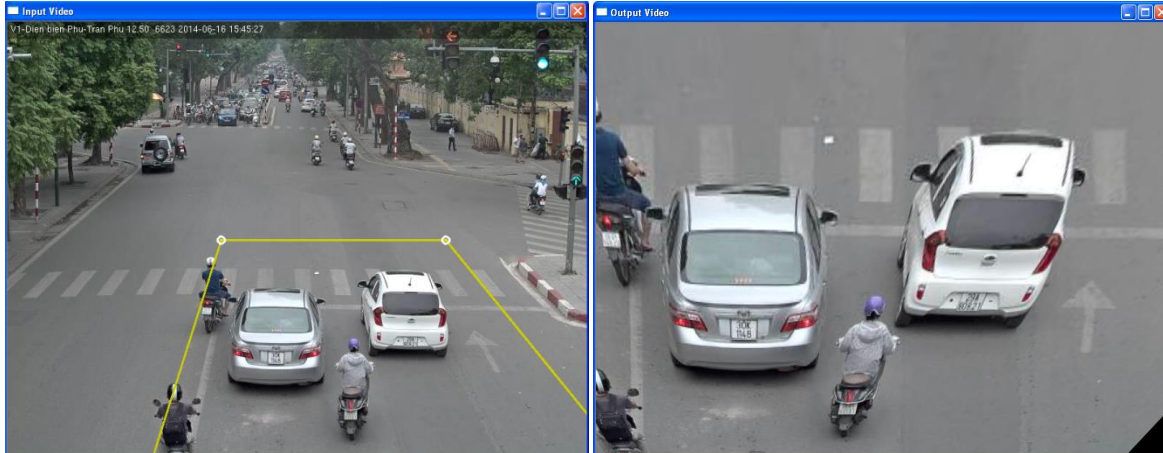
2.2. Phép ánh xạ ảnh trong việc xác định vùng quan sát



$$\begin{pmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ x'_3 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Hình 1. Vector ánh xạ ảnh trong vùng quan sát.

Ta có $x'=H.x$, với H có kích thước 3×3 là ma trận đơn đồng nhất; x' là tọa độ các điểm trên mặt phẳng đích, x là tọa độ các điểm trên ảnh nguồn [4]. Sau khi thực hiện phép chuyển đổi ta thu được vùng ảnh quan sát như Hình 2.



Hình 2. Kết quả trích xuất vùng quan sát.

2.3. Sử dụng phương pháp Optical Flow để xác hướng dịch chuyển của dòng xe

Optical flow là khái niệm chỉ sự chuyển động tương đối của các điểm trên bề mặt một đối tượng, vật thể nào đó gây ra, dưới góc quan sát của một điểm mốc (mắt, camera...). Sự chuyển động của các vật thể (mà thực tế có thể coi là sự chuyển động của các điểm trên bề mặt của vật thể ấy) trong không gian 3 chiều, khi được chiếu lên một mặt phẳng quan sát 2D được gọi là *motion field*. Nói chung, mục đích của các phương pháp *optical flow estimation* là để xác định (xấp xỉ) *motion field* từ một tập các khung hình thay đổi theo thời gian, chúng được sử dụng rộng rãi trong các bài toán object segmentation, motion detection, tracking...

Có nhiều kĩ thuật xác định *Optical flow* khác nhau như correlation, matching, feature-tracking, energy-based... Ở đây tác giả dựa trên gradient trong một chương sách của David Fleet [6]. Các phương pháp khác cũng đã được Fleet khảo sát trong [7] và [8].

Ý tưởng quan trọng của phương pháp tính *optical flow* dựa trên gradient là giả định sau:

Bề ngoài của đối tượng không có nhiều thay đổi (về cường độ sáng – *intensity*) khi xét từ frame thứ n sang frame $n+1$.

Nghĩa là:

$$I(\vec{x}, t) = I(\vec{x} + \vec{u}, t + 1) \quad (2)$$

Trong đó: $I(\vec{x}, t)$ là hàm trả về cường độ sáng của điểm ảnh \vec{x} tại thời điểm t (hay khung hình thứ t), $\vec{x} = (x, y)^T$ là tọa độ của điểm ảnh trên bề mặt $2D$, $\vec{u} = (u_1, u_2)$ là vector vận tốc, thể hiện sự thay đổi vị trí của điểm ảnh từ khung hình thứ t sang khung hình thứ $t+1$.

Sử dụng khai triển Taylor, ta xấp xỉ:

$$I(\vec{x} + \vec{u}, t + 1) = I(\vec{x}, t) + \vec{u} \cdot \nabla I(\vec{x}, t) + I_t(\vec{x}, t) \quad (3)$$

Với $\nabla I = (I_x, I_y)$ và $I_t(\vec{x}, t)$ là đạo hàm tức thời của I tại thời điểm t .

Bỏ qua các phần tử có đạo hàm bậc cao hơn trong (3), so sánh (2) và (3) đồng thời xấp xỉ $I_t(\vec{x}, t)$ bằng $\delta I(\vec{x}, t) \equiv I(\vec{x}, t + 1) - I(\vec{x}, t)$ ta có:

$$\nabla I(\vec{x}, t) \cdot \vec{u} + I(\vec{x}, t) = 0 \quad (4)$$

Phương trình (4) gọi là **phương trình ràng buộc gradient** (hay còn gọi là **phương trình optical flow**) và cũng là phương trình cơ bản của *Optical flow* với \vec{u} là flow cần tìm. Tuy nhiên, phương trình trên lại là một phương trình bậc nhất hai ẩn nên không thể giải được nên ta cần xác định thêm một phương trình nữa để có thể tính được \vec{u} .

Phương pháp được tác giả giới thiệu ở đây là **Least-squares (LS) estimation**, **phương pháp được mô tả như sau: để có được một ràng buộc nữa cho \vec{u}** , ta có thể dùng đến các điểm ảnh lân cận với các điểm ảnh đang xét với giả thiết các điểm ảnh này cùng nằm trên vật và chuyển động với cùng vận tốc của điểm ảnh đang xét. Trong thực tế, các điểm ảnh lân cận có thể không chuyển động cùng vận tốc với điểm ảnh đang xét, do đó ta tìm vector vận tốc mà làm cực tiểu bình phương lỗi (4):

$$E(\vec{u}) = \sum_{\vec{x}} g(\vec{x}) \cdot [\vec{u} \cdot \nabla I(\vec{x}, t) + I(\vec{x}, t)]^2 = 0 \quad (5)$$

Trong đó: $g(\vec{x})$ xác định độ rộng mà estimator này bao phủ, thông thường người ta chọn hàm Gaussian để thực hiện, vận tốc cần tìm là giá trị \vec{u} làm cực tiểu $E(\vec{u})$, mà $E(\vec{u})$ đạt cực tiểu khi các đạo hàm riêng của nó bằng 0.

$$\frac{\delta E(u_1, u_2)}{\delta u_1} = \sum_{\vec{x}} g(\vec{x}) \cdot [u_1 \cdot I_x^2 + u_2 \cdot I_x \cdot I_y + I_x \cdot I_t],$$

$$\frac{\delta E(u_1, u_2)}{\delta u_2} = \sum_{\vec{x}} g(\vec{x}) \cdot [u_2 \cdot I_y^2 + u_1 \cdot I_x \cdot I_y + I_y \cdot I_t]$$

Hai phương trình trên có thể viết dưới dạng ma trận như sau:

$$M \cdot \vec{u} = \vec{b} \quad (6)$$

Với: $M = \begin{bmatrix} \sum g \cdot I_x^2 & \sum g \cdot I_x I_y \\ \sum g \cdot I_x I_y & \sum g \cdot I_y^2 \end{bmatrix}$, $\vec{b} = - \begin{pmatrix} \sum g \cdot I_x I_t \\ \sum g \cdot I_y I_t \end{pmatrix}$ và ta có một phương trình nữa đó là nghiệm của (6): $\vec{u} = M^{-1} \cdot \vec{b}$.

2.4. Theo dõi chuyển động của dòng xe để xác định tốc độ chuyển động của dòng xe

Từ việc theo dõi sự dịch chuyển của dòng xe theo thời gian ta xác định được tốc độ chuyển động của các điểm ảnh trên từng phương tiện và trên dòng xe. Để tính tốc độ trung bình của dòng xe v_f ta thực hiện theo công thức sau:

$$v_f = \frac{\sum_i^n v_{fi}}{n} \quad (7)$$

Trong đó:

- v_{fi} là tốc độ của một điểm trong nhóm xe,
- n là tổng số điểm trong nhóm xe được tính tốc độ.

Cách tính quy đổi vận tốc điểm ảnh sang vận tốc thực tế của xe chạy trên đường được tác giả trình bày tương đối đầy đủ tại [4].



a) Khung hình thứ 45

b) Khung hình thứ 98

Hình 3. Kết quả áp dụng phương pháp Optical flow

Với việc xác định như vậy ta có thể biểu diễn sự dịch chuyển của các điểm ảnh trên phương tiện tham gia giao thông như *Hình 3* với sự giúp đỡ của thư viện mã nguồn mở OpenCV, ở đây với *Hình 3.a* là kết quả quan sát ở khung hình thứ 45 ta thấy vùng xe dừng chờ đèn đỏ sẽ có vận tốc gần như bằng 0 nên các vector vận tốc ở đây gần như không thể hiện được trên hình còn phía bên phải của khung hình là ô tô di chuyển qua nút nên vector vận tốc ở đây được thể hiện khá đầy đủ về độ lớn và hướng chuyển động của phương tiện (*Hình 3.b* tương tự).



Hình 4. Kết quả tốc độ phương tiện

Với *Hình 4* là hình hiển thị kết quả của việc tính tốc độ của từng điểm chuyển động trong nhóm xe sau khi đã bỏ đi số lượng hiển thị vector quan sát trên từng phương tiện và thay vào đó là vùng hiển thị tốc độ với những vùng phương tiện không chuyển động vận tốc tính được gần như bằng 0 và so sánh với nó là các điểm trên phương tiện đang chuyển động với cùng một tốc độ và đó chính là tốc độ của phương tiện hoặc dòng xe đang lưu thông trên đường.

III. KẾT LUẬN

Như đã trình bày ở trên, bằng xử lý ảnh ta có thể xác định được vùng quan sát và xử lý tính toán tốc độ dịch chuyển của dòng xe trên đường. Các thuật toán trên đã được thử nghiệm với video thu được từ các camera giám sát giao thông, kết quả thử nghiệm trong điều kiện ánh sáng ban ngày cho kết quả rất khả quan.

Kết quả nghiên cứu trong bài báo này sẽ tiếp tục được hoàn thiện theo hướng tăng cường độ chính xác trong các điều kiện thời tiết bất lợi và thời gian ban đêm để áp dụng trong thực tế góp phần giải quyết bài toán thu thập dữ liệu dòng giao thông mật độ vừa và đông tại các thành phố lớn ở Việt Nam.

IV. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Hùng Lân và các cộng sự, Báo cáo Đề tài Nghiên cứu Khoa học và Phát triển công nghệ cấp nhà nước, “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ Thông tin và Tự động hoá trong quản lý điều hành giao thông đô thị*” - Mã số: KC-03-21, 2005.

[2] Lê Hùng Lân và các cộng sự, Báo cáo Đề tài Nghiên cứu Khoa học và Phát triển công nghệ cấp nhà nước, “*Nghiên cứu thiết kế, chế tạo các thiết bị, phương tiện và hệ thống tự động kiểm tra, giám sát, điều hành phục vụ cho an toàn giao thông đường bộ*” - Mã số: KC.03.05/06-10, 2008.

[3] Lê Hùng Lân cùng các cộng sự, “*Hệ thống giao thông thông minh ITS*”, chương 9, nxb GTVT, 2011.

[4] MSc. Phi Van Lam, “*Implementation of inverse perspective mapping algorithm in image processing for the calculation of the speed of traffic vehicle*”, Ha Noi, 10/2014.

[5] MSc. Dang Quang Thach, Prof. Dr. Le Hung Lan, “*Applying image processing in collecting data of urban traffic flows*”, Ha Noi, 10/2014.

[6] Fleet, D.J. and Weiss, Y., “*Optical flow estimation*”, Mathematical models for Computer Vision: The Handbook. N. Paragios, Y. Chen, and O. Faugeras (eds.), Springer, 2005.

[7] J. L. Barron, D. J. Fleet, and S. S. Beauchemin, “*Performance of optical flow techniques*”, International Journal of Computer Vision, 12(1):43–77, 1994.

[8] B. D. Lucas and T. Kanade, “*An iterative image registration technique with an application in stereo vision*”, In Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, pages 674–679, Vancouver, 1981.