Giải pháp thống kê phương tiện giao thông sử dụng camera

Vehicle Counting Solution using Video Camera

Trần Nguyên Ngọc, Hoàng Anh Tuấn, Từ Minh Phương

Abstract: *This paper proposes a solution for vehicle counting using camera as a sensor. We also present a novel texture feature that is a modified version of the well-known Local Binary Pattern (LBP) feature. The experimental results are evaluated on a data set collected in the intersection of Ly Tu Trong – Pasteur, Ho Chi Minh City at various times. The proposed solution achived an accuracy of car counting from 90% to 97%, and accuracy of motorcycle counting over 75% during the day and over 50 % at night.*

Keywords: *Local Binary Pattern; Object detection; Vehicle Counting; Computer vision.*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thống kê và phân loại phương tiện giao thông như ô tô, xe máy lưu thông trên đường là bài toán có ứng dụng quan trọng trong quản lý giao thông, giúp giám sát tình hình, thực hiện điều hành giao thông theo thời gian thực, cũng như cung cấp thông tin phục vụ quy hoạch hạ tầng giao thông trong ngắn và dài hạn.

Có ba cách tiếp cận chính cho thống kê phương tiện giao thông trên đường theo thời gian thực. Cách thứ nhất sử dụng các cảm biến áp suất chôn dưới mặt đường cho phép phát hiện xe nhờ áp suất của xe lên cảm biến. Phương pháp này có độ ổn định cao, có thể hoạt động trong nhiều điều kiện thời tiết. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ chính xác trong trường hợp xe đi đúng làn đường, khó áp dụng cho giao thông tại Việt Nam. Cách thứ hai sử dụng cảm biến siêu âm [1] do động cơ ô tô, xe máy tạo ra dựa theo tần số đặc trưng cho từng loại xe. Phương pháp này đã được nhóm các nhà nghiên cứu Đại học Giao thông vận tải thực hiện, mặc dù vậy cũng cho độ chính xác không cao nếu mật độ giao thông lớn, hướng nghiên cứu này cũng tìm cách kết hợp với đếm xe bằng hồng ngoại, tuy nhiên hệ thống tương đối phức tạp. Cách tiếp cận thứ ba sử dụng kỹ thuật xử lý ảnh và nhận dạng để phát hiện phương tiện giao thông từ camera lắp đặt trên đường hoặc tại các giao lộ. Phương pháp này phụ thuộc nhiều vào điều kiện thời tiết, ánh sáng, song dễ lắp đặt và có thể giải quyết cả ba vấn đề: phát hiện, phân loại, cũng như bám chuyển động để xác định quỹ đạo phương tiện, nhờ vậy cung cấp thêm thông tin bổ sung so với hai nhóm phương pháp trên [2]. Yếu tố chủ yếu quyết định sự thành công của giải pháp loại này là phát triển được giải thuật xử lý ảnh cho phép phát hiện và bám chính xác, ít phụ thuộc vào điều kiện thời tiết [3].

Trong bài báo này, chúng tôi sẽ tập trung vào giải pháp thuộc nhóm thứ ba. Cụ thể, camera được đặt tại ngã ba, ngã tư hoặc trên đường và được nối với máy tính. Từ video thu được cần phát hiện phương tiện giao thông, phân loại thành ôtô, xe máy, bám được chuyển động của phương tiện, từ đây tính số lượng và quỹ đạo của luồng giao thông. Các thao tác này phải thực hiện trong thời gian thực trên một CPU thông dụng, trong điều kiện ánh sáng ban ngày và ban đêm khi có đèn đường, với mật độ giao thông thực tế dầy đặc tại Tp. Hồ Chí Minh hoặc Hà Nội.

Khác với những giải pháp phát hiện và bám xe đã có, theo đó vùng ảnh chứa phương tiện được xác định dựa trên vùng chuyển động [4-7], phương pháp của chúng tôi coi phát hiện ô tô, xe máy như bài toán phát hiện đối tượng từ ảnh tĩnh (object detection), và sử dụng các khung hình liên tiếp trong video để bám đối tượng nhằm tăng độ chính xác. Phương tiện giao thông

được phát hiện dựa trên việc phân loại vùng ảnh nằm trong cửa sổ trượt thành các loại phương tiện hoặc là vùng nền và biểu diễn đối tượng trong cửa sổ bằng đặc trưng phù hợp [8]. Đóng góp chính trong nghiên cứu của chúng tôi là đề xuất cải tiến đặc trưng LBP (Local Binary Pattern) [11], qua đó tăng độ chính xác khi sử dụng với bộ phân loại cho cửa sổ trượt. Đóng góp quan trọng khác là xác lập các bước xử lý kết hợp để bám chuyển động và gán nhãn đối tượng.

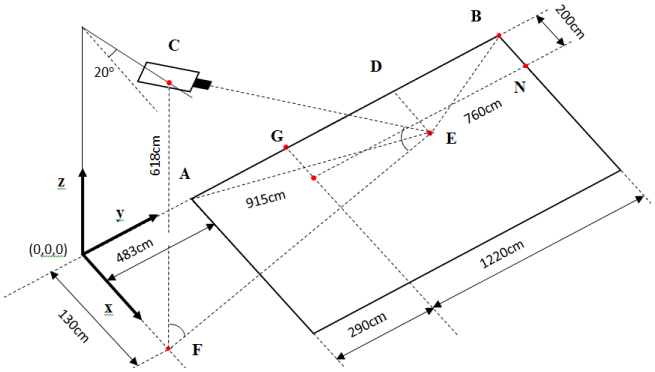
II. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Bài toán phát hiện và bám phương tiện giao thông từ camera đặt trên đường đã được nghiên cứu từ nhiều năm với một số hệ thống được sử dụng thực tế [2]. Tính năng chung của các hệ thống dạng này là phát hiện phương tiện giao thông. Một số hệ thống có thêm khả năng phân loại phương tiện, chẳng hạn thành xe máy, xe đạp, ô tô con, ô tô tải v.v., cũng như bám phương tiện để xác định chuyển động đi thẳng hay rẽ [4,7]. Trong các hệ thống dạng này, phần quan trọng nhất là phần phát hiện phương tiện giao thông. Cách tiếp cận chung cho phát hiện phương tiện giao thông là phát hiện vùng chuyển động, kết hợp với phân loại vùng chuyển động thành các loại phương tiện khác nhau. Nhiều phương pháp phát hiện vùng chuyển động được sử dụng như dùng moving map [7], sử dụng mô hình Gausian Mixture Model (GMM) để sinh hình nền [4], hay kết hợp GMM sinh hình nền với xóa bóng cho trường hợp trời nắng [5]. Vấn đề lớn nhất khi phát hiện vùng chuyển động là giảm ảnh hưởng của điều kiện chiếu sáng và nhiễu vùng nền. Một số giải pháp đã được đề xuất cho vấn đề này như sử dụng ngưỡng động có khả năng thay đổi theo ánh sáng [3]. Sau khi tách được vùng chuyển động, bước tiếp theo là phân loại vùng chuyển động thành các loại phương tiện giao thông hoặc không phải phương tiện (do nhiễu). Phương pháp thường được dùng cho bước này là sử dụng mô hình 3D dựng sẵn của các loại xe sau đó so khớp với hình viền vùng chuyển động đã phát hiện trong bước trước [4,7]. Một phương pháp khác cũng được sử dụng là dùng các dạng đặc trưng ảnh thông dụng như HOG kết hợp với thuật toán phân loại như SVM [5]. Khó khăn khi sử dụng những phương pháp này là không thể phân biệt các phương tiện giao thông đi theo nhóm gần nhau. Giải pháp cho vấn đề này được giải quyết trong [6] bằng cách sử dụng đồ thị AND-OR. Giải pháp được chọn trong phương pháp của chúng tôi cho phép tránh các khó khăn thường gặp trong giải pháp phát hiện vùng chuyển động do các phương tiện di chuyển gần nhau gây chồng lấn trong các khung hình, do vậy thích hợp hơn với điều kiện tại Việt Nam.

Nội dung nghiên cứu được trình bày lần lượt theo trình tự sau: mục 3 trình bày đặc điểm bố trí hệ thống camera thu nhận hình ảnh và yêu cầu cụ thể của bài toán; mục 4 đề xuất giải pháp cải tiến đặc trưng mô tả đối tượng hình ảnh cần phát hiện; mục 5 mô tả giải pháp bám và gán nhãn đối tượng; mục 6 tổng hợp một số kết quả thực nghiệm và đánh giá.

III. ĐẶC ĐIỂM HÌNH ẢNH ĐỐI TƯỢNG

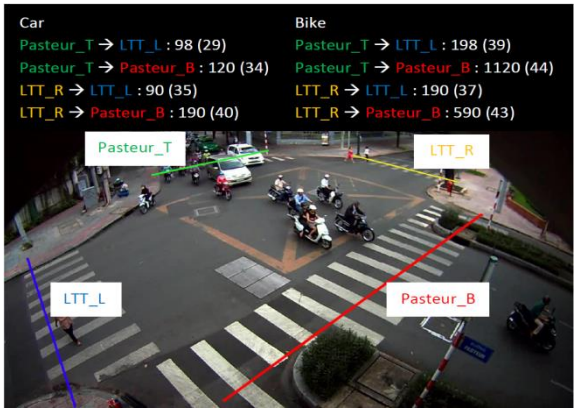
Xuất phát từ nhu cầu thực tế, nghiên cứu của chúng tôi được xây dựng trên cơ sở hạ tầng hệ thống camera gắn tại các nút giao thông tại Tp. Hồ Chí Minh. Các camera được bố trí ở độ cao 618 cm so với mặt đường, các ngã tư là những vị trí ưu tiên tập trung thống kê lưu lượng giao thông. Tại đó, có 1 hoặc 2 camera đặt ở một góc của ngã tư, đảm bảo cho phép quan sát toàn bộ các hướng di chuyển tới phía camera, các camera đặt nghiêng góc 20 độ so với phương ngang.



Hình 1. Bố trí camera trên đường Cộng hòa

Bài toán đặt ra cho nhóm nghiên cứu là thống kê các phương tiện giao thông di chuyển theo các hướng

khác nhau, từ đó tổng hợp làm cơ sở dự báo vận tốc, lưu lượng giao thông trong thành phố.



Hình 2. Hình ảnh thu được từ camera tại ngã tư Pasteur - Lý Tự Trọng

Do đặc điểm bố trí thiết bị đã có, hình ảnh các đối tượng sẽ gồm 2 dạng cơ bản: dạng đi thẳng trực diện với camera và dạng đi hướng tới camera nhưng lệch về bên sườn trái.

IV. XÂY DỰNG BỘ MÔ TẢ ĐỐI TƯỢNG

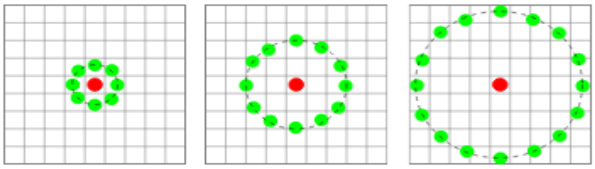
Trong các dạng mô tả đặc trưng đối tượng phục vụ cho các giải pháp phát hiện nhanh đối tượng trong ảnh hiện đa phần hướng tới các bộ mô tả đặc trưng (Descriptor) phục vụ cho kỹ thuật cửa sổ trượt như Haar-like [8], HOG [12], LBP [11]…Để đảm bảo các tính toán không quá phức tạp và cho phép chạy đồng thời nhiều bộ tìm kiếm (Detector) trên cùng một ảnh tĩnh, nhóm nghiên cứu đã cải tiến bộ mô tả đặc trưng LBP.

Trong đó, bộ mô tả đặc trưng LBP phản ảnh mối tương quan về mức xám giữa mỗi điểm ảnh (hoặc một vùng ảnh) với các điểm ảnh (hoặc vùng ảnh) lân cận. Thực chất việc áp dụng bộ mô tả này cho phép ánh xạ ảnh đối tượng sang một ảnh khác có khả năng bất biến cao hơn trước các thay đổi về mức sáng, cũng như một số biến dạng hình học [11].

Trong nghiên cứu [10] việc áp dụng LBP cho việc nhận dạng một đối tượng hình ảnh được tiến hành theo trình tự sau:

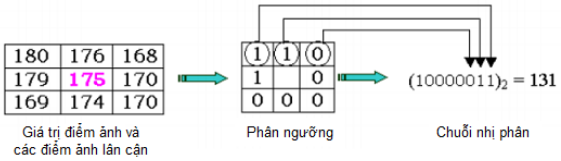
Bước 1. Chia cửa sổ vùng ảnh cần xem xét thành các ô vuông.

Bước 2. Tại mỗi ô, so sánh từng điểm ảnh với 8 điểm ảnh khác xung quanh nó (số lượng điểm ảnh lân cận có thể thay như trên Hình 3).



Hình 3. LBP và 3 kiểu sử dụng điểm ảnh lân cận

Bước 3. Quy đổi kết quả so sánh thành chuỗi bit thông tin đại diện (xem Hình 4).

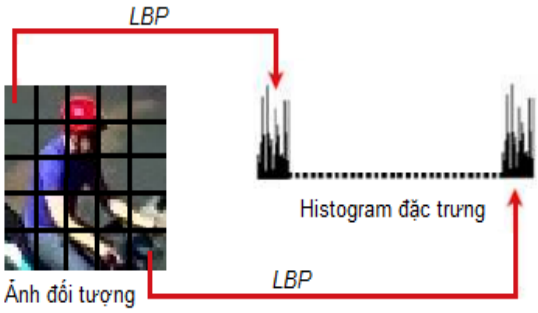


Hình 4. Quy đổi kết quả thành chuỗi bit

Bước 4. Tính lược đồ histogram các giá trị đại diện vừa tính được ở bước 3.

Bước 5. Chuẩn hóa histogram về khoảng giá trị quy định trước.

Bước 6. Tập hợp tất cả histogram của tất cả các ô trong cửa sổ tạo thành một vector đặc trưng của cửa sổ đó.

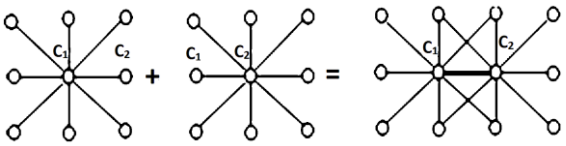


Hình 5. Cách xác định Vector đặc trưng LBP

Bước 7. Sử dụng cho các thuật toán học máy, mô hình cascade với thuật toán huấn luyện AdaBoost để phân biệt kết quả thu được ở bước 6. Chi tiết của bước này được mô tả trong [8].

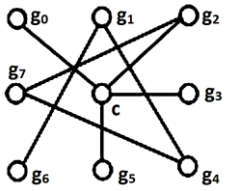
Trong toàn bộ các bước thực hiện trên, việc xác định chuỗi bit quy đổi dựa trên lựa chọn các so sánh chênh lệch mức xám của các điểm ảnh ở bước 2,3 có ý

nghĩa hết sức quan trọng. Lưu ý rằng, đặc trưng LBP này có thể được mở rộng ra về kích thước cũng như số lượng các điểm ảnh lân cận. Ví dụ như đặc trưng LBP4,1 sử dụng 4 điểm ảnh lân cận, đặc trưng LBP16,2 sử dụng 16 điểm ảnh lân cận với bán kính là 2. Tổng quát hóa thì đặc trưng LBPP,R sẽ sử dụng P điểm ảnh lân cận tương đương với vùng không gian có bán kính điểm ảnh là R, vùng không gian đó bao gồm tập các điểm ảnh lân cận tạo thành một hình tròn. Từ đặc trưng LBPP,R có thể tạo ra được 2P giá trị đầu ra, tương ứng với 2P pattern nhị phân biểu diễn bởi P điểm ảnh trong tập các điểm ảnh lân cận. Từ đó có thể thấy mỗi đặc trưng LBP có thể mang rất nhiều thông tin, hoàn toàn có thể sử dụng một tập con trong 2P pattern để có thể mô tả thông tin về các ảnh. Tuy nhiên do các điểm ảnh nằm gần nhau khi tính toán đặc trưng LBP có thể dẫn đến việc mối quan hệ giữa các điểm ảnh lân cận nhau được xác định lại để đưa vào thông tin các chuỗi thông tin, do vậy việc tối ưu hóa lượng thông tin này sẽ làm tăng khả năng mô tả đối tượng hơn. Cụ thể, chúng tôi nhận thấy với cách trích chọn đặc trưng LBP hiện tại khi tính toán tại hai điểm ảnh sát nhau thì mối quan hệ giữa chúng sẽ được tính lại 2 lần (xem Hình 6).



Hình 6. Quan hệ giữa 2 điểm C_1, C_2 được xác định 2 lần

Vì thế, trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất cải tiến cách thức mô tả quan hệ các điểm lân cận để trích chọn đặc trưng dạng LBP bằng cách vẫn lựa chọn 8 so sánh tương quan giữa các điểm ảnh nhưng chỉ có 4 so sánh với điểm ảnh trung tâm C, còn lại là quan hệ so sánh giữa chính các điểm lân cận của C. Việc lựa chọn này cần tuân theo nguyên tắc không tồn tại 2 quan hệ so sánh nào mà cạnh nối biểu thị quan hệ giữa các điểm ảnh song song với nhau. Ví dụ nếu trong hình 7 thì quan hệ giữa C-g_0 với quan hệ g_1-g_3 sẽ có biểu diễn song song với nhau, và vì thế ta chỉ chọn một trong hai quan hệ này.



Hình 7. Mô tả quan hệ giữa các điểm ảnh sử dụng cho tính toán đặc trưng LBP

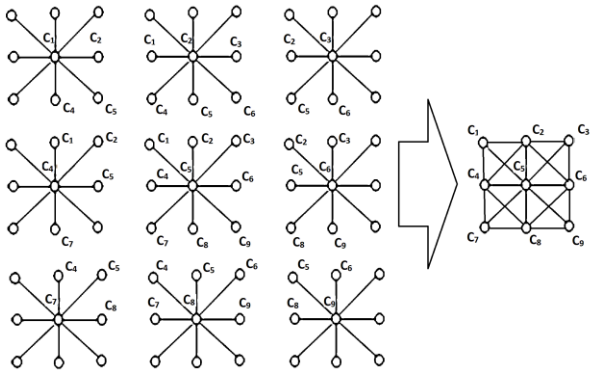
Với cách mô tả này giá trị thay thế cho mức xám tại điểm ảnh được minh họa như trên Hình 8.

190	135	125
128	127	122
124	126	130

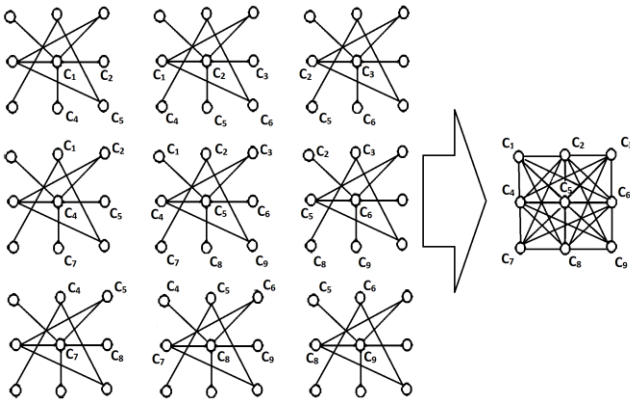
$$(190>127) + (125>127).2 + (122>127).4 + (126>127).8 + (135>130).16 + (135>124).32 + (128>125).64 + (128>130).128 = 01110001_2$$

Hình 8. Cải tiến cách tính giá trị điểm ảnh trong mô tả đặc trưng LBP

Với việc sử dụng bộ mô tả này khi xem xét việc phản ánh thông tin về mối quan hệ giữa các điểm ảnh lân cận trên toàn bộ vùng ảnh sẽ nhận thấy không tồn tại các quan hệ trùng lặp và không những thế bổ sung thêm các quan hệ. Trong hình 9a, 9b nếu chỉ tách xem xét mối quan hệ giữa 9 điểm ảnh C_1, C_2, …C_9 thì trong mô tả 9a các quan hệ đều bị xét lại hai lần, trong khi đó tại 9b chỉ sử dụng 1 lần ngoài ra bổ sung thêm các quan hệ C_1-C_6; C_1-C_8; C_1-C_9; C_2-C_7; C_3-C_4; C_3-C_8; C_4-C_9; C_6-C_7.



Hình 9.a. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh được sử dụng trong bộ mô tả truyền thống



Hình 9.b. Mối quan hệ giữa các điểm ảnh được sử dụng trong bộ mô tả cải tiến

V. CÁC KỸ THUẬT BÁM ĐỐI TƯỢNG

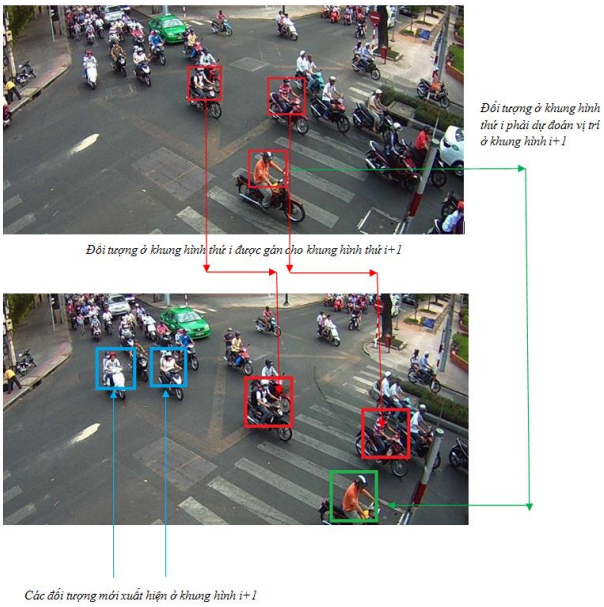
Sau khi có được bộ dò tìm đối tượng, để thống kê được số lượng các phương tiện tham gia giao thông trong một đoạn video cần thực hiện bám đối tượng và xác định được các trường hợp: xuất hiện đối tượng mới, đối tượng rời khỏi thị trường của camera, xác định liên hệ giữa các đối tượng của hai khung hình liên tiếp.Trong nghiên cứu này sử dụng thuật toán OpticalFlow [14] để bám chuyển động và thuật toán Hungarian [13] để tiến hành gán nhãn các đối tượng ở hai khung hình liên tiếp. Các bước tiến hành như sau:

Bước 1. Phát hiện đối tượng ở khung hình i+1 bằng các phương pháp nhận dạng sử dụng bộ mô tả đặc trưng trình bày ở mục IV.

Bước 2. Tính toán khoảng cách Euclid giữa các đối tượng ở khung hình i và i+1 với giả thiết chúng cùng nằm trong một mặt phẳng tọa độ. Sau đó, sử dụng thuật toán Hungarian để gán từng cặp.

Bước 3. Với các đối tượng ở khung hình i mà không được gán với đối tượng nào ở khung hình i+1 thì phải dự đoán vị trí mới của chúng bằng phương pháp OpticalFlow.

Bước 4. Với các đối tượng ở khung hình i+1 mà không được gán với đối tượng nào ở khung hình I thì đó là các đối tượng mới xuất hiện. Thông tin của các đối tượng này sẽ được sử dụng để xác định tiếp vị trí của chúng ở các khung hình tiếp theo.



Hình 10. Mô tả quá trình bám và gán nhãn đối tượng

V. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

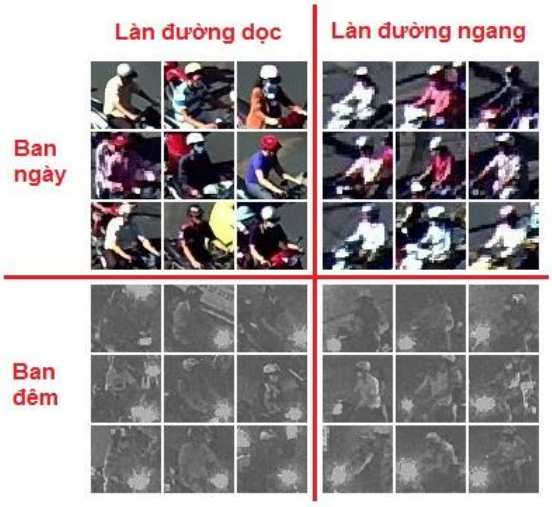
Để đánh giá hiệu năng của thuật toán đề xuất nhóm nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm với cả hai loại đối tượng là xe máy và xe ô tô trong cả điều kiện ánh sáng ban ngày và ban đêm, đồng thời với mỗi phương tiện giao thông chúng tôi tiếp tục phân loại theo hướng chuyển động và xây dựng bộ đặc trưng cho từng loại riêng biệt.

Các mẫu huấn luyện được thu thập theo nhóm phương tiện: xe máy, xe ô tô (gồm cả con, xe buýt và xe bán tải), thời gian (ban ngày, tối) và hướng di chuyển (ngang, dọc), mỗi nhóm khoảng 6000 mẫu (xem Hình 11, 12). Hình ảnh được thu từ các camera đặt trực tiếp trên đường, các camera đều thuộc dòng IP và sử dụng đồng nhất loại Messoa Model: NCR878-HP5-MES, tốc độ thu nhận hình ảnh 30 hình/giây. Đối với các loại xe ô tô chúng tôi cùng lựa chọn vùng đầu xe để huấn luyện chung cho một bộ nhận dạng.

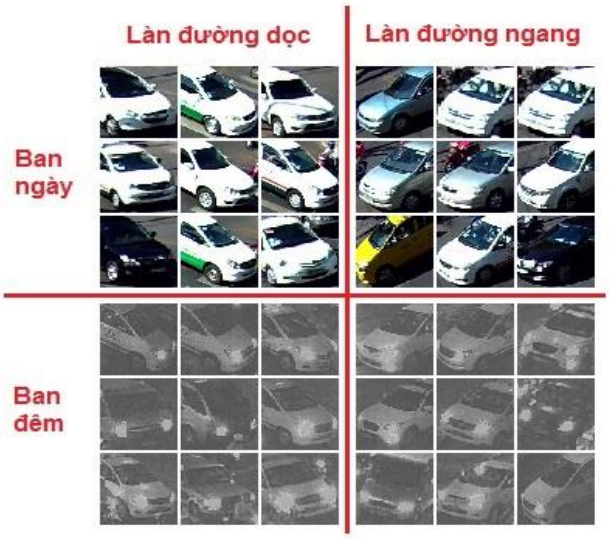
Sau đó tiến hành huấn luyện bằng thuật toán Adaboost sử dụng bộ công cụ OpenCV 2.4.6.

Để đánh giá kết quả của việc nhận dạng đối tượng thì có hai tiêu chí được sử dụng là ***độ chính xác*** và ***độ nhạy***. Độ chính xác được xác định bởi tỷ lệ nhận dạng đúng trong tổng số những đối tượng đã nhận dạng

được, trong khi đó độ nhạy liên quan đến tỷ lệ nhận dạng đúng trong tổng số đối tượng thực tế.



Hình 11. Mẫu huấn luyện xe máy



Hình 12. Mẫu huấn luyện xe ô tô

Kết quả thực nghiệm trên tập ảnh tĩnh (là ảnh được tách ra từ các video thu được từ các camera tại các thời điểm khác nhau) gồm 1249 ảnh chụp buổi sáng; 1076 ảnh chụp buổi trưa; 3063 ảnh tối, với ba loại đặc trưng: đặc trưng Haar như được sử dụng trong [7], đặc trưng LBP nguyên bản [9], và đặc trưng LBP cải tiến được tóm tắt trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả phát hiện đối tượng trên tập ảnh tĩnh

Thời gian	Phương tiện	Haar-like (%)		LBP (%)		LBP cải tiến (%)	
		Độ chính xác	Độ nhạy	Độ chính xác	Độ nhạy	Độ chính xác	Độ nhạy
Sáng	Ô tô	87.39	76.43	89.66	76.74	94.11	76.14
	Xe máy	94.12	72.73	95.15	73.53	96.25	72.13
Trưa	Ô tô	88.02	70.12	92.65	75.00	93.05	73.02
	Xe máy	95.65	64.71	96.44	57.58	98.11	58.00
Tối	Ô tô	88.12	75.11	89.13	79.23	93.37	78.22
	Xe máy	97.06	57.89	96.29	57.78	96.21	57.23

Kết quả trong Bảng 1 cho thấy đặc trưng LBP cải tiến cho kết quả với độ nhạy gần tương đương với các đặc trưng Haar, LBP truyền thống, nhưng có độ chính xác vượt trội trong đa số trường hợp. Chẳng hạn, độ chính xác khi phát hiện ô tô vào buổi sáng khi dùng Haar, LBP, và LBP cải tiến lần lượt là 87.39, 89.66, và 94.11. Tức là cải tiến đề xuất cho phép tăng độ chính xác tới gần 5%.

Kết quả trong Bảng 1 cũng cho thấy, trong khi độ chính xác đạt trên 90% thì độ nhạy tương đối thấp, nhiều trường hợp xuống dưới 60%. Điều này dẫn tới việc thống kê lưu lượng giao thông sẽ thiếu chính xác, ví dụ, với độ nhạy khoảng 70%, độ chính xác 90% (trên 70% tìm được) ta chỉ có thể đếm được đúng khoảng 63% (0.63=0.7x0.9) số lượng phương tiện thực tế (kể cả trong trường hợp không có nhầm lẫn vị trí giữa các đối tượng ở các khung hình khác nhau).

Tuy nhiên, để tăng độ nhạy đa phần chúng ta sẽ cần điều chỉnh tham số huấn luyện và phải giảm độ chính xác. Do đó chúng tôi kết hợp thêm giải pháp bám đối tượng như đã đề xuất ở mục V để tăng độ tin cậy của hệ thống khi thống kê phương tiện giao thông. Về thực chất, việc bám đối tượng cho phép kết hợp kết quả phát hiện đối tượng từ nhiều khung hình để bổ sung thêm thông tin còn thiếu. Trong trường hợp phương tiện bị bỏ sót trong một khung hình thì vẫn có khả năng được phát hiện bổ sung nhờ bám từ các khung hình lân cận.

Chúng tôi cũng tiếp tục áp dụng đặc trưng LBP cải tiến cho bài toán thống kê phương tiện bằng cách so sánh kết quả đếm của người với kết quả của máy tính, dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này được trích ra từ các video thu nhận ngày 23/5/2014 là ngày thứ 6 có mật độ giao thông tương đối đông so với các ngày khác. Kết quả cụ thể được tóm tắt trong Bảng 2, trong đó chúng tôi sử dụng khái niệm ***độ tin cậy***, xác định dựa trên phần trăm sai lệch giữa kết quả thống kê do máy tính đưa ra và kết quả khảo sát trực tiếp bởi con người.

Kết quả cho thấy việc thống kê lưu lượng xe ô tô tương đối tốt, với xe máy do quá trình gán nhãn và bám đối tượng đặc biệt khi các xe di chuyển cạnh nhau đôi lúc còn gặp khó khăn. Kết quả tại Bảng 2 cũng cho thấy việc thống kê xe máy vào ban ngày có xu hướng tốt hơn ban đêm, nhưng ô tô thì ngược lại, điều này nảy sinh bởi lý do vào buổi tối việc bám chuyển động của xe máy gặp nhiều khó khăn hơn do đặc điểm thuật toán OpticalFlow sử dụng nhiều thông tin về cường độ sáng các điểm keypoint ở đầu xe máy, trong khi đó, ô tô có hai đèn pha nên khoảng sáng giữa hai đèn khá thuận tiện cho việc lựa chọn keypoint. Trong các nghiên cứu tiếp theo chúng tôi sẽ tìm cách cải tiến vấn đề này.

Bảng 2. Thống kê số lượng phương tiện trên video

Thời gian	Số lượng do người đếm (p)		Số lượng thống kê bằng phần mềm (q)		Độ tin cậy (s=100-100|p-q|/p)	
	Ô tô	Xe máy	Ô tô	Xe máy	Ô tô	Xe máy
9h41	139	35	152	27	90,65	77,14
10h39	288	58	317	44	89,931	75,862
11h17	332	66	341	50	97,289	75,758
18h00	206	62	219	33	93,689	53,226
19h00	94	48	92	27	97,872	56,25

LỜI CẢM ƠN

Kết quả nghiên cứu được tài trợ bởi Công ty FPT Software JSC trong khuôn khổ chương trình nghiên cứu "Xây dựng Hệ thống thị giác máy tính hỗ trợ thống kê phương tiện giao thông theo thời gian thực". Ngoài việc thử nghiệm tại ngã tư Pasteur-Lý Tự Trọng, tuyến đường 2 chiều Cộng Hòa, hệ thống cũng đang được thử nghiệm tại một số ngã tư tại Bangkok Thái Lan, trong tương lai nhóm nghiên cứu sẽ tổng hợp các kết quả thống kê bằng hình ảnh với các kết quả thu được do hệ thống định vị GPS và thông tin di chuyển gắn trên các phương tiện giao thông như xe Bus, Taxi để hình thành bản đồ lưu lượng giao thông, ngoài ra tiếp tục bổ sung tập dữ liệu huấn luyện cũng như hiệu chỉnh thuật toán để đảm bảo tính bền vững của hệ thống trong các điều kiện thời tiết khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] LÊ HÙNG LÂN, "*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*", Báo cáo Đề tài Nghiên cứu Khoa học và Phát triển công nghệ cấp nhà nước (2008) mã số: KC.03.05/06-10.

[2] N. BUCH, S. VELASTIN, AND J. ORWELL, *"A review of computer vision techniques for the analysis of urban traffic"* Intell. Transp. Syst. IEEoE Trans., vol. 12, no. 3, pp. 920–939, 2011.

[3] J D. GANGODKAR, P. KUMAR, AND A. MITTAL, *"Robust Segmentation of Moving Vehicles Under Complex Outdoor Conditions*", Intell. Transp. Syst. IEEE Trans., vol. 13, no. 4, pp. 1738–1752, Dec. 2012.

[4] N. BUCH, J. ORWELL, AND S. A. VELASTIN, *"Detection and classification of vehicles for urban traffic scenes*", 5th Int. Conf. Vis. Inf. Eng. (VIE 2008), pp. 182–187, 2008.

[5] Z. CHEN, T. ELLIS, AND S. A. VELASTIN, "*Vehicle detection, tracking and classification in urban traffic*," in Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on, 2012, pp. 951–956..

[6] Y. LI, B. LI, B. TIAN, AND Q. YAO, "*Vehicle Detection Based on the and - or Graph for Congested Traffic Conditions,"* Intell. Transp. Syst. IEEE Trans., vol. 14, no. 2, pp. 984–993, Jun. 2013.

[7] MESSELODI, C. MODENA, AND M. ZANIN, "*A computer vision system for the detection and classification of vehicles at urban road intersections*," Pattern Anal. Appl., vol. 8, pp. 17–31, 2005.

[8] P. VIOLA AND M. JONES, "*Robust Real-time Object Detection*," in International Journal of Computer Vision, 2001.

[9] M. HEIKKILA AND M. PIETIKAINEN, "*A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects*," Pattern Anal. Mach. Intell. IEEE Trans., vol. 28, no. 4, pp. 657–662, Apr. 2006.

[10] ZHANG, LUN, ET AL. "*Face detection based on multi-block lbp representation*". Advances in Biometrics. Springer Berlin Heidelberg, 2007. 11-18.

[11] T. OJALA, M. PIETIKAINEN, AND T. MAENPAA, "*Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns*", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, pp. 971-987, 2002.

[12] N. DALAL AND B. TRIGGS, "*Histograms of oriented gradients for human detection,*" in Proc IEEE Int. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005, vol. 1, pp. 886-893.

[13] H.W. KUHN, "*On the origin of the Hungarian Method*", History of mathematical programming; a collection of personal reminiscences, North Holland, Amsterdam, pp. 77–81, 1991.

[14] C. TOMASI AND T. KANADE, *"Detection and Tracking of Point Features"*. Pattern Recognition 37, pp. 165–168, 2004.

Nhận bài ngày: 05/05/2015

SƠ LƯỢC VỀ TÁC GIẢ

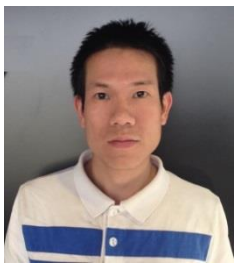
TRẦN NGUYÊN NGỌC

Tốt nghiệp ĐH năm 2005, bảo vệ luận án tiến sỹ về "Phân tích hệ thống, điều khiển và xử lý thông tin" năm 2007 tại Rostov – LB Nga.

Hiện công tác tại khoa CNTT Học viện Kỹ thuật Quân sự.

Hướng nghiên cứu: xử lý ảnh, học máy, an toàn thông tin. Email: ngoctn@mta.edu.vn

HOÀNG ANH TUẤN



Tốt nghiệp Trường ĐH Bách khoa Hà Nội năm 2007 chuyên ngành Toán-Tin ứng dụng.

Hiện đang công tác tại TT nghiên cứu và Phát triển sản phẩm của công ty FPT- Software.

Hướng nghiên cứu: Học máy và xử lý ảnh. Email: tuanha2@fsoft.com.vn.

TỪ MINH PHƯƠNG

Tốt nghiệp ĐH tại trường Bách khoa Taskent năm 1993, bảo vệ tiến sỹ tại Viện hàn lâm khoa học Uzbekistant, Taskent, năm 1995. Được phong chức danh Phó giáo sư năm 2007.

Từ năm 2000 đến nay công tác tại khoa CNTT, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Hiện là Trưởng khoa, khoa CNTT Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Hướng nghiên cứu: các ứng dụng của học máy, tin sinh học. E-mail: phuong.tu@gmail.com