

Nhận diện biển số ô tô từ các camera giao thông

Pham Van Dan

Ngày 4 tháng 10 năm 2021

Contents

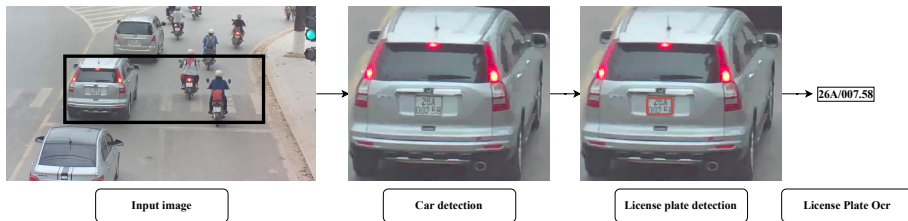
- 1 Lời nói đầu
- 2 Giới thiệu
- 3 Các công trình nghiên cứu liên quan
- 4 Phương pháp đề xuất
 - Car detection
 - License plate detection
 - LP recognition
 - Motion detection, tracking và Ocr-check
- 5 Thực nghiệm
 - Tập dữ liệu
 - LP detection
 - LP recognition
 - Kiểm thử
- 6 Conclusion

Lời nói đầu

- Nhận diện biển số xe ô tô tự động ứng dụng trong trạm thu phí, theo dõi xe, quản lý bãi đỗ xe.
- Báo cáo này hướng tới xây dựng hệ thống nhận diện biển số xe ô tô Vietnam cho camera giao thông dựa trên Deep Neural Networks.

ALPR Systems là gì?

- ALPR Systems là viết tắt của Automatic License Plate Recognition Systems



Hình 1: Minh họa hệ thống ALPR điển hình

Khó khăn

Hầu hết hệ thống ALPR được thiết kế để triển khai ngoài trời nảy sinh nhiều khó khăn:

- Điều kiện thời tiết
- Độ sáng
- Độ phân giải, góc quay của camera
- Kích thước, chất lượng biển số
- Màu sắc, kiểu dáng, kiểu chữ của biển số
- Mật độ phương tiện

Đóng góp

- 1 Mô hình hệ thống hoàn chỉnh cho triển khai thực tế.
- 2 Giải quyết vấn đề non-rectangular object detection, chúng tôi đề xuất hướng tiếp cận dựa trên keypoints detection.
- 3 Nhận diện biển số theo cách tiếp cận segmentation-free sử dụng CNN kết hợp encoder decoder RNN với cơ chế attention.
- 4 Chúng tôi đề xuất bộ dữ liệu VLP gồm có 15571 ảnh ô tô chứa biển số và 16012 ảnh biển số xe ô tô Việt Nam.
- 5 Kết quả phát hiện biển số đạt $mIOU = 95\%$ và $Precision_{75} = 99.2\%$ trên 1558 ảnh kiểm thử. Độ chính xác nhận diện biển số Full sequence là $Acc_{seq} = 99.4\%$, Mean char là $Acc_{char} = 99.8\%$ trên 2472 ảnh kiểm thử.

Các hướng tiếp cận

ALPR thường có 2 cách tiếp cận chính:

- Multi-stage license plate recognition
- Single stage license plate recognition

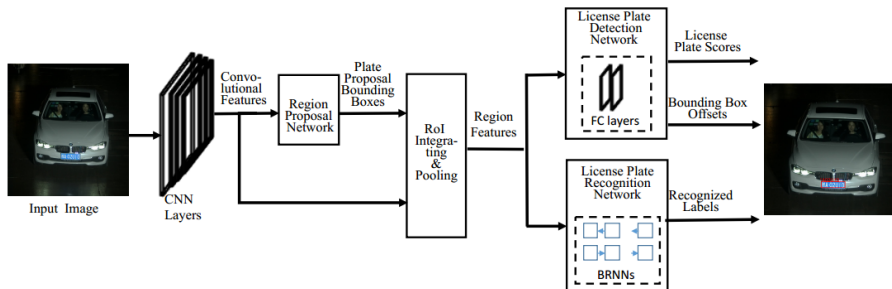
Multi-stage license plate recognition

Nhìn chung, các hệ thống multi-stages bao gồm các giai đoạn:

- ① License plate detection: có thể sử dụng kỹ thuật xử lý ảnh truyền thống hoặc sử dụng các DNN cho object detections, object segmentations,...
- ② License plate recognition: sử dụng các kỹ thuật nhận diện ký tự quang học
 - Segmentation approaches dựa trên xử lý ảnh truyền thống hoặc object detections.
 - Segmentation-free approaches hầu như dựa trên RNN và CTC loss.

Single-stage license plate recognition systems

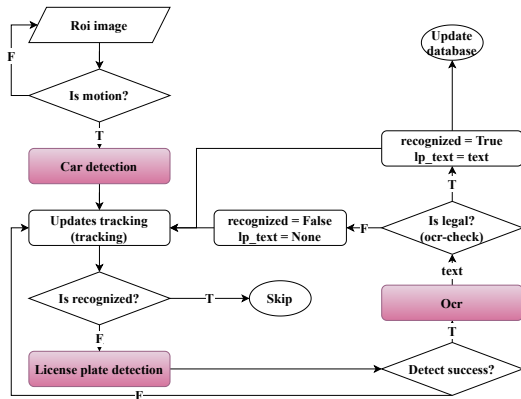
Dựa trên việc xây dựng các kiến trúc End-to-end sử dụng DNN.



Hình 2: Kiến trúc End-to-end cho bài toán ALPR

Cách tiếp cận của tôi

Cách tiếp cận của tôi là Multi-stage license plate recognition.



Hình 3: Sự minh họa hệ thống đề xuất

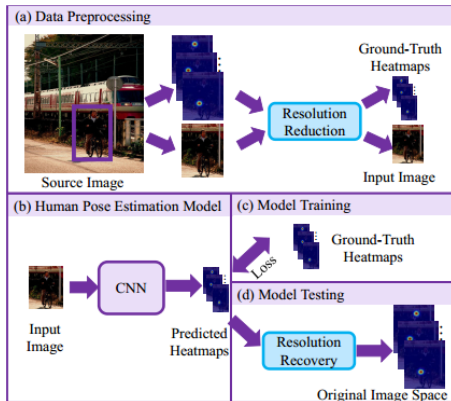
Car detection

Tôi tận dụng kết quả nghiên cứu trước:

- 1 Car detection: YOLOv2 do tốc độ thực thi nhanh khoảng 70 FPS và độ chính xác đạt 76,8% mAP so với bộ dữ liệu PASCAL-VOC.

Key ideas

Lấy ý tưởng từ bài toán keypoints detection



Hình 4: Cách tiếp cận top-down HPE điển hình

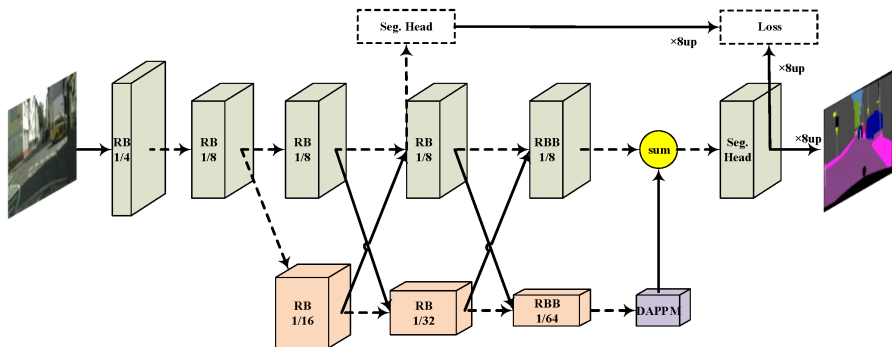
Design plate keypoints



Hình 5: Các cách thiết kế điểm keypoints

Choose and modify architecture

- 1 HPE architecture: DLA-34, HRNet-18, Resnet18.
- 2 Modify segmentation architecture: DDRNet.



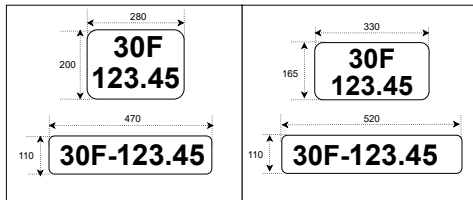
Hình 6: DDRNet original architecture

Hàm loss và thuật toán tối ưu

- 1 Loss function: Focal loss và L1 loss.
- 2 Thuật toán tối ưu: cập nhật trọng số dựa trên gradient descent với thuật toán Adam.

Đặc điểm biển số xe Việt Nam

Được quy định mới nhất theo thông tư 58/2020/TT-BCA.



Hình 7: Quy định về kích thước biển số

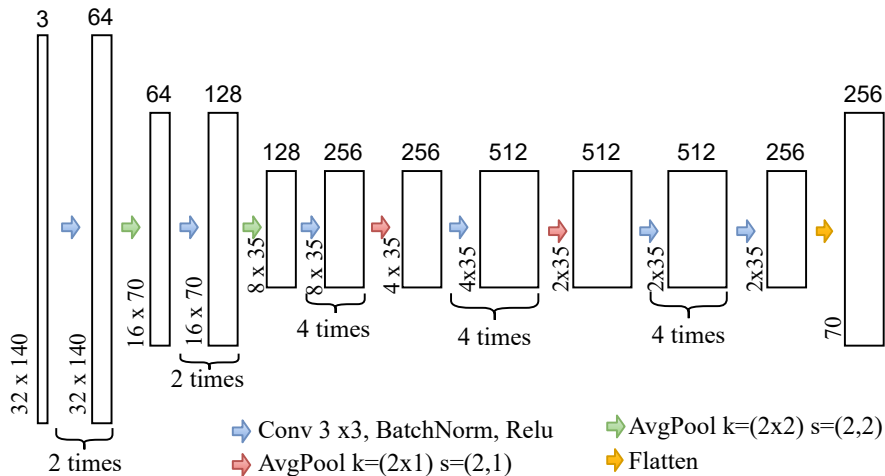


Hình 8: Quy định màu sắc, bố cục biển số

Tiền xử lý

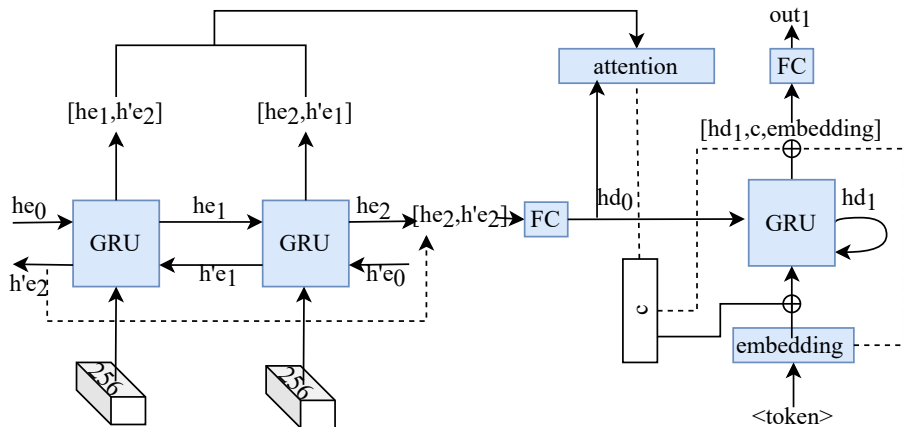
Đối với các biến số hai dòng, tôi xây dựng thuật toán dựa trên phép chiếu để có thể tìm ra vị trí chính xác của vị trí phân tách.

Kiến trúc đề xuất



Hình 9: Feature extraction dựa trên VGG-19

Kiến trúc đề xuất



Hình 10: Kiến trúc Encoder-decoder.

Hàm loss

Cross-entropy loss kết hợp với kỹ thuật Label smoothing..

$$L = - \sum_{i=1}^N (l_i \times y_i \times (\log(\hat{y}_i)))$$

Trong đó, y_i là groundtruth, \hat{y}_i là dự đoán của mô hình, $l_i = |y_i - \delta|$ là trọng số của label smoothing tại lớp thứ i . Tôi lựa chọn $\delta = 0.1$

Thuật toán tối ưu

Để tối ưu hàm loss L , tôi sử dụng phương pháp cập nhật tham số dựa trên gradient descent với thuật toán Adam

- Tự động điều chỉnh learning rate
- Tránh rơi vào local minimum

Ý tưởng thuật toán

- ① Motion detection: dựa trên frame difference.
- ② Tracking car: dựa trên center tracking sử dụng khoảng cách Euclid.
- ③ Ocr-check: dựa trên Quy định về bố cục biển số xe ô tô Việt Nam.

Thống kê

Tập VLP gồm dữ liệu xe ô tô là 15571 ảnh và 16012 ảnh biển số 1 dòng.

Bảng 1: Số lượng biển theo màu sắc

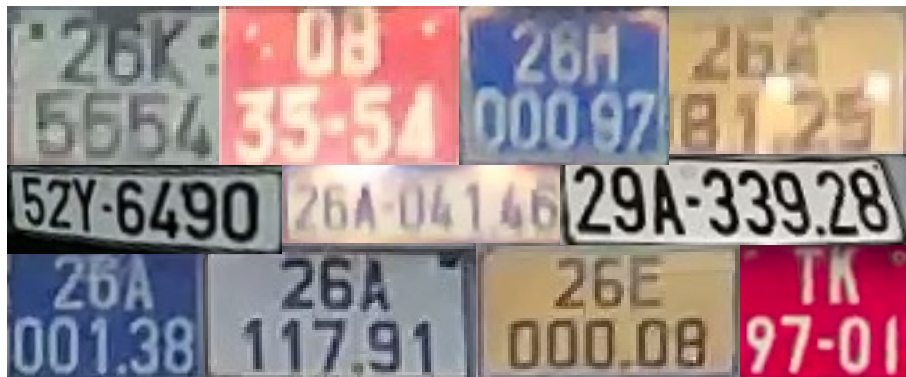
Số lượng biển	Trắng	Vàng	Xanh	Đỏ	Tổng
Biển 1 dòng	2717	0	13	7	2737
Biển 2 dòng	6933	950	143	10	8036
Tổng	9650	950	156	17	10773
Tổng Splitted	18809				
Bỏ bớt 26A	2797				
VLP	16012				

Minh họa tập dữ liệu ô tô



Hình 11: Một số mẫu trong tập dữ liệu ô tô của VLP.

Minh họa tập dữ liệu biển số



Hình 12: Một số mẫu trong tập dữ liệu biển số của VLP.

Cài đặt thực nghiệm

Với dữ liệu như trên, chúng tôi chia ngẫu nhiên tập 15571 ảnh ô tô chứa biển số thành 3 tập: train, validate, test với tỉ lệ 0.8:0.1:0.1.

Phương pháp đánh giá

Chúng tôi đánh giá dựa trên 2 thông số mean IOU ($mIOU$) và độ chính xác Precision với ngưỡng $mIOU \geq 0.75$

Kết quả

Bảng 2: LP detection results ở các cách xem xét lớp của các điểm keypoints

Phương pháp	Training size	Testing size	<i>mIOU</i>
Resnet18_1c	384	384	93.8
Resnet18_2c	384	384	93.797
Resnet18_4c	384	384	91.78
Resnet18_1c3	384	384	90.5

Kết quả

Bảng 3: LP detection results ở các kích thước khác nhau

Phương pháp	Training size	Testing size	<i>mIOU</i>	<i>Precision</i> ₇₅
DDRNet23sup	512	512	94.3	99.4
DDRNet23sup	512	384	93.1	98.1
DDRNet23sup	384	512	94.4	99.3
DDRNet23sup	384	384	94.5	99.2

Kết quả

Bảng 4: LP detection results ở các kiến trúc khác nhau

Phương pháp	Training size	Testing size	<i>mIOU</i>	<i>Precision₇₅</i>
DDRNet23sup	384	384	94.5	99.2
DDRNet23sh	384	384	95.01	99.5
DDRNet23up	384	384	94.4	99.0
HRNet18_4s	384	384	94.2	98.58
HRNet18_3s	384	384	94.1	98.9
Resnet18	384	384	93.8	99.1
DLA34	384	384	90.5	93.6
DLA34	512	512	93.0	97.4

Cài đặt thực nghiệm

- 1 Chúng tôi chia ngẫu nhiên 16012 biến số thành 3 tập train, validate, test theo tỉ lệ 0.75:0.1:0.15.
- 2 Thử nghiệm Vocr và so sánh với các phương pháp segmentation-free khác: LPRnet, CRNN.

Phương pháp đánh giá

Thông qua 2 chỉ số:

- Tỷ lệ phần trăm LP được nhận dạng chính xác (Acc_{seq}). LP được coi là đúng nếu tất cả các ký tự được nhận dạng chính xác và không phát hiện thấy ký tự bổ sung nào
- Độ chính xác trung bình của ký tự (Acc_{char}). Một ký tự được cho là nhận dạng đúng, nếu vị trí của nó trong nhãn và trong kết quả dự đoán là như nhau.

Kết quả

Bảng 5: Kết quả kiểm thử trên VLP dataset

Phương pháp	Agu	Training set		Validation set		Testing set	
		Acc_{seq}	Acc_{char}	Acc_{seq}	Acc_{char}	Acc_{seq}	Acc_{char}
Vocr	✓	99.34%	99.8%	99.25%	99.9%	99.28%	99.7%
LPRnet-STN	✓	92.3%	96.9%	94.1%	96.4%	94.8%	96.8%
CRNN	✓	92.9%	96.9%	93.6%	97.2%	93.4%	97.1%
CRNN (VGG-19)	✓	92.3%	95.5%	92.5%	95.4%	93.0%	96.2%
CRNN ^(*)	✓	97.8%	99.2%	96.8%	98.9%	97.15%	98.95%

Kết quả

Bảng 6: Thực nghiệm sự ảnh hưởng màu sắc biến số tới Vocr

Tập dữ liệu	Color plate		Original	
	Acc_{seq}	Acc_{char}	Acc_{seq}	Acc_{char}
Training set	98.8%	99.6%	99.34%	99.8%
Validation set	98.7%	99.7%	99.25%	99.9%
Testing set	98.5%	99.5%	99.28%	99.7%

Minh họa một số kết quả



Hình 13: Plate detection với DDRNet23sh và Plate-recognition với Vocr.

Conclusion

- 1 Chúng tôi đã xây dựng bộ dữ liệu VLP.
- 2 DDRNet23sh cho kết quả phát hiện biển số tốt nhất với $mIOU = 95\%$, $Precision_{75} = 99.2\%$.
- 3 Kết quả nhận diện biển số sử dụng Vocr đạt $Acc_{seq} = 98.36\%$, $Acc_{char} = 99.65\%$.
- 4 Mô hình hệ thống nhận diện biển số xe hoàn chỉnh tích hợp thêm thuật toán motion detection, tracking và ocr-check.

Future works

- 1 Chúng tôi sẽ giải quyết bài toán nhận diện biển số xe vào cả ban đêm.
- 2 Mở rộng bài toán đối với nhận diện biển số xe máy Việt Nam.