

Estudo de Técnicas de Aprendizagem para um Sistema de Reconhecimento de Placas Veiculares

Ivan Borgia Dardi (Aluno)

Prof. Dr. Fabio A. Faria (Orientador)

Email: `ivy.dardi@gmail.com, ffaria@unifesp.br`

Instituto de Ciência e Tecnologia
Universidade Federal de São Paulo (ICT-UNIFESP)
12247014, São José dos Campos, SP, Brazil

2 de junho de 2016

Período: Agosto/2016 a Julho/2017

1 Introdução

O aumento na quantidade de veículos no Brasil tem tornado as tarefas de fiscalização e controle cada vez mais difíceis de serem realizadas por seres humanos. Dentre as formas de realizar a tarefa de reconhecimento de veículos existentes está o uso de técnicas de processamento de imagens (e.g., diminuição de ruídos, realces e operações morfológicas [7]) e visão computacional (e.g., detecção e rastreamento de objetos em imagens ou vídeos [13]) em conjunto com técnicas de aprendizagem de máquina para realizar identificação ou reconhecimento de objetos [1]. Essa identificação é realizada por meio do reconhecimento de imagens da placa de identificação que cada automóvel possui e é o atributo único dentre os veículos existentes no território nacional.

O sistema de reconhecimento automático de placas veiculares pode ser empregado em diversas aplicações reais como, controle do tráfego em rodovias, segurança no controle de acesso de veículos à áreas restritas (locais públicos e privados), localização de veículos em estacionamentos e atribuição de penalidades (e.g., advertência ou multas) a motoristas infratores [2, 12]. Portanto, um sistema de reconhecimento automático pode auxiliar os usuários em suas tarefas, tornando-as mais fáceis, ágeis e eficazes. Entretanto, a popularização desses sistemas no Mundo está longe de ocorrer por ainda ser um sistema com custo elevado para ser investido por qualquer empresa ou organização pública e privada.

Neste sentido, a criação de um sistemas de reconhecimento de placas veiculares por meio de imagens de câmeras de baixo custo pode ser uma solução viável para qualquer instituições, públicas ou privadas, de qualquer porte que não têm recursos financeiros para serem investidos nesses tipos de serviços.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo, de baixo custo, para um sistema de acesso de veículos para o Campus de São José dos Campos e assim, garantir uma maior agilidade no processo de identificação dos veículos cadastrados e segurança da comunidade acadêmica (alunos e funcionários). Além disso, faz parte do trabalho a realização de um estudo comparativo entre técnicas de aprendizagem para classificação de caracteres de placas veiculares.

2 Conceitos Importantes

Nesta seção descreve os conceitos importantes para o bom entendimento do trabalho proposto.

2.1 Modelo Brasileiro de Placas Veiculares

O órgão que regulamenta o modelo de placa é o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) que está em vigor desde 1 de janeiro de 2008). A regulamentação das placas brasileiras é uma placa de metal, com uma tarja na parte superior central com o nome do município e a federação que ocorreu emplacamento do veículo. Além disso, a placa é constituída por 7 dígitos/caracteres, sendo 3 letras e 4 dígitos divididos por um sinal de hífen (ver Figura 1). Na regulamentação existem diferentes categorias de veículos, cada categoria tem uma cor de fundo e de caracteres própria atribuída (ver Tabela 1).



Figura 1: Composição de placas veiculares brasileiras. Extraída de site público.

Categoria do Veículo	Cor	
	Fundo	Caracteres
Particular	cinza	preto
Aluguel	vermelho	branco
Experiência/Fabricante	verde	branco
Aprendizagem	branco	vermelho
Coleção	preto	cinza
Oficial	branco	preto
Missão Diplomática	azul	branco
Corpo Consular	azul	branco
Organismo Internacional	azul	branco
Corpo Diplomático	azul	branco
Organismo Consular/Internacional	azul	branco
Acordo/Cooperação Internacional	azul	branco
Representação	preto	dourado

Tabela 1: Diferentes categorias de veículos e as cores correspondentes.

2.2 Sistema de Reconhecimento de Placas Veiculares

Um sistema reconhecimento de placas veiculares é composto por duas etapas sequencialmente realizadas: (1) detecção de placas veiculares; (2) reconhecimento de caracteres. A etapa de detecção de placas veiculares consiste em dado uma imagem digital capturada por uma câmera, o objetivo é detectar a região da imagem que contém a placa de identificação do veículo. Já na etapa de reconhecimento de caracteres, o objetivo está em reconhecer cada um dos 7 caracteres/dígitos da região da placa previamente identificada na etapa anterior.

A Figura 2 mostra as etapas de um sistema de reconhecimento de placas veiculares.

As próximas seções explicam, em detalhes, cada etapa de um sistema de reconhecimento de placas veiculares de acordo com o trabalho [2].

2.2.1 Detecção de Placas Veiculares (*License Plate Detection*)

Esta etapa é composta por 3 sub-etapas: (1) detecção de placas veiculares; (2) Pós-processamento; (3) Rastreador de *Kalman*.

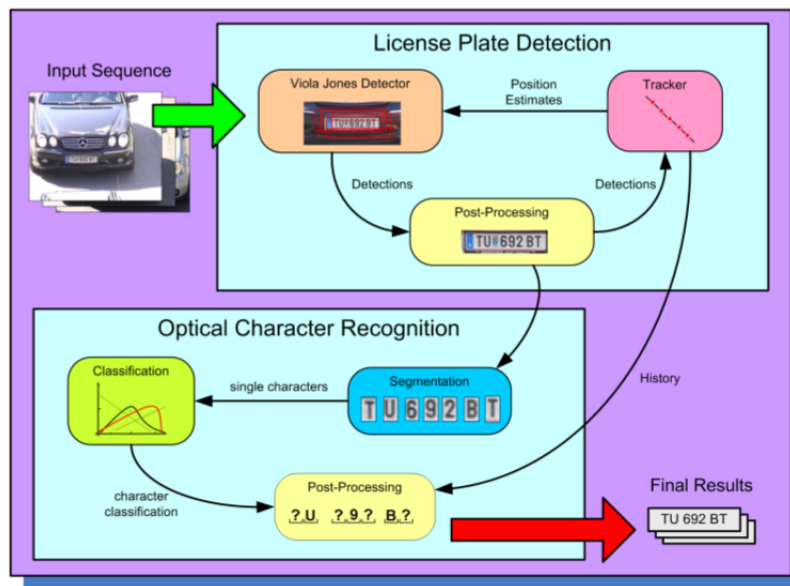


Figura 2: Sistema de reconhecimento de placas veiculares proposto por [2].

- **Detecção de placas veiculares:** é baseada em algoritmos de detecção de objetos (e.g., Viola and Jones [14] e Papageorgiou et al. [11]) aplicados às imagens de placas veiculares. A detecção inicia com o uso do rápido método de detecção de objetos proposto por Viola and Jones [14]. Este método que combina a técnica *AdaBoost* [5] com características extraídas pelo descritor *Haar-like* [9]. O resultado deste processo é uma lista de contornos de candidatos a placas [2].
- **Pós-processamento:** tem que ser aplicado com objetivo de juntar todos os polígonos candidatos a placa. Para realizar a junção dos polígonos é aplicada uma simples supressão não máxima considerando valores de confiança de cada detecção. A detecção final será aquele polígono que tem valor de confiança máximo [2].
- **Rastreador de *Kalman*:** é utilizado com objetivo de limitar a busca do detector para áreas mais prováveis de pertencer a placa. A informação de rastreamento é importante para etapa de classificação de caracteres [2].

2.2.2 Reconhecimento de Caracteres Ópticos (*Optical Character Recognition*)

Esta etapa é composta por 3 sub-etapas: (1) Segmentação dos caracteres; (2) Classificação de caracteres; (3) Reconhecimento da placa.

- **Segmentação:** é realizada para separar cada um dos caracteres da placa. Nesta etapa é utilizada um algoritmo de segmentação baseada em região. As sementes para o algoritmo são escolhidas dentre os pixels escuros (pretos) que compõem os caracteres em placas com fundo branco. Algumas medidas tais como *compactness*, *entropy* e *central invariant statistical moments* são calculadas para determinar a região que contém o carácter [2].

- **Classificação de caracteres:** é usada para rotular cada região determinar na etapa anterior. As regiões são escaladas em um tamanho comum, os vetores de características são formados pelos valores dessas regiões de tamanho fixo e então utilizados para treinar alguma técnica de aprendizagem. Nesta etapa pode ser utilizada diferentes técnicas de aprendizagem (e.g., *support vector machine* [3], *optimum path forest* [10] e *K-Nearest Neighbor* [6]) para realizar a tarefa de classificação de caracteres. Esta etapa é um dos alvos de estudo deste trabalho [2].
- **Pós-processamento:** nesta etapa é explorado o conhecimento prévio da estrutura da placa como espaçamento entre caracteres e a sintaxe da sequência final de caracteres. Essa sintaxe depende do formato adotado pelo país que será realizado o reconhecimento [2].

2.3 Técnicas de Aprendizagem de Máquina

As técnicas descritas nesta seção serão utilizadas no estudo comparativo do sistema de reconhecimento de placas veiculares.

2.3.1 *Support Vector Machine* (SVM)

Support Vector Machine é uma técnica de aprendizagem de máquina, introduzida por [3] e fundamentada em teorias estatísticas, em que são necessários exemplos previamente identificados para construir um modelo de classificação. O objetivo desta técnica é construir um hiperplano ótimo que separa o espaço n -dimensional (em que n é o número de características da entidade que está sendo classificada, i.e., a dimensionalidade), tal que maximiza uma margem entre as duas classes. A margem pode ser interpretada como uma medida de separação entre duas classes e representa o grau de separabilidade entre elas (medida de qualidade da classificação). Os pontos sobre as fronteiras entre as classes são chamados de vetores de suporte (*support vectors*), e o meio da margem é o hiperplano de separação ótima. Quando não é possível achar um separador linear entre as classes, os dados (características) são mapeados em um espaço com alta dimensionalidade utilizando um mapeamento não linear. Segundo teorema de Cover [4], toda amostra que não é separável em um espaço pode ser mapeada em um outro espaço de maior dimensionalidade através de transformações não lineares e tornando-se linearmente separáveis. Para maiores detalhes, sugere-se a consulta das referências [3, 8].

2.3.2 *Optimum Path Forest* (OPF)

Optimum Path Forest ou Floresta de Caminhos Ótimos é uma técnica de classificação baseada em grafo. Dados um conjunto de objetos (imagens, sinais, regiões de imagens) e um conjunto de classes, as quais agrupam objetos com padrões similares, o objetivo do reconhecimento é encontrar a classe de onde vem cada objeto. Um conjunto com objetos de treinamento é visto como um grafo, onde os objetos são os nós do grafo e todos os nós se interligam por um arco. O peso de cada arco no grafo é a distância entre os padrões que representam os respectivos objetos. O

método proposto encontra protótipos (objetos ótimos) em cada classe e calcula uma floresta de caminhos ótimos no grafo, tal que o erro de classificação no conjunto de treinamento é zero. Para um dado objeto de teste, nós consideramos os caminhos da floresta que chegam neste objeto a partir dos protótipos, e o objeto é associado à classe cujo protótipo oferece o caminho de menor custo [10].

2.3.3 *K-Nearest Neighbor* (kNN)

É a técnica mais simples de classificação de objetos que se baseia nos exemplos de treinamento mais próximos no espaço de característica [6]. A Equação 1 mostra o ajuste do kNN definido para x .

$$kNN(x) = \sum_{x_i \in \mathcal{N}_k(x)} y_i \quad (1)$$

onde $\mathcal{N}_k(x)$ são os k vizinhos mais próximos de x no conjunto de treinamento, y_i é o valor de distância entre x e o vizinho x_i atual (a função de distância pode ser uma simples Euclideana. A tarefa de classificação é decidida pela votação majoritária dos vizinhos mais próximos.

3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de sistema de reconhecimento de placas veiculares para controle de acesso de veículos no Campus da UNIFESP de São José dos Campos. Neste trabalho o aluno terá oportunidade de adquirir conhecimento de técnicas de processamento de imagens, visão computacional e aprendizagem de máquina que serão fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Como contribuição deste trabalho estão o desenvolvimento do protótipo bem como o estudo comparativo de técnicas de aprendizagem para classificação de caracteres das placas.

4 Metodologia

1. **Levantamento bibliográfico:** o aluno irá visitar constantemente a literatura em busca de melhores soluções para os problemas que serão enfrentados.
2. **Construção da base de imagens:** para realizar os testes, o aluno precisará criar uma grande base de imagens de placas brasileiras e deixá-la disponível ao final do trabalho. Esse material tornará disponível mediante termo assinado pelo proprietário de cada veículo.
3. **Estudo de técnicas de processamento de imagem:** o aluno irá aprender técnicas de processamento de imagens por meio de uso de uma biblioteca muito conhecida chamada OpenCV.

4. **Estudo de técnicas de aprendizagem de máquina:** será realizado um estudo de técnicas de aprendizagem para que possam ser utilizadas na etapa de classificação de caracteres.
5. **Implementação do protótipo de reconhecimento de placas:** este será o desenvolvimento do sistema de reconhecimento que será utilizado na portaria do campus da UNIFESP de São José dos Campos.
6. **Apresentações do trabalho no Congresso da UNIFESP:** aluno irá apresentar os resultados obtidos no Congresso de Iniciação Científica da UNIFESP.
7. **Realização de testes e validação do protótipo:** serão realizados testes de eficácia e eficiência do protótipo.
8. **Escrita artigo científico:** como forma de divulgar a contribuição deste trabalho, o aluno irá escrever um relatório em formato de artigo científico que será submetido para congresso de iniciação científica.

5 Cronograma

Tarefa	Início	Conclusão
Levantamento bibliográfico	agosto 2016	julho 2017
Construção da base de imagens de placas veiculares	agosto 2016	setembro 2016
Estudo de técnicas de processamento de imagem	agosto 2016	dezembro 2016
Estudo de técnicas de aprendizagem de máquina	agosto 2016	janeiro 2017
Implementação do protótipo de reconhecimento de placas	agosto 2016	maio 2017
Apresentações do trabalho no Congresso da UNIFESP	junho 2017	junho 2017
Realização de testes e validação do protótipo	abril 2017	junho 2017
Escrita artigo científico	junho 2017	julho 2017

6 Conclusão

Neste contexto, este projeto de pesquisa tem como objetivo realizar um estudo comparativo de técnicas de aprendizagem, bem como, implementar parcialmente um sistema de reconhecimento de placas veiculares.

A criação de um sistema de reconhecimento de placas veiculares pode ser utilizado para auxiliar empresas de vigilância na proteção de locais públicos ou privados, bem como, auxiliar a polícia em investigações de ocorrências que possam acontecer.

Dessa forma, as principais contribuições esperadas para esse trabalho são:

- Estudo comparativo de diversas técnicas de aprendizagem para classificação de caracteres de placas veiculares;
- Desenvolvimento do protótipo de sistema de reconhecimento de placas veiculares para um sistema de controle de acesso de veículos;

Referências

- [1] Object detection and recognition in digital images: Theory and practice [book news]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 9(1):93–94, March 2015.
- [2] C. Arth, F. Limberger, and H. Bischof. Real-time license plate recognition on an embedded dsp-platform. In *2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 1–8, 2007.
- [3] Bernhard E. Boser, Isabelle M. Guyon, and Vladimir N. Vapnik. A training algorithm for optimal margin classifiers. In *Workshop on Computational Learning Theory*, COLT '92, pages 144–152, 1992.
- [4] T. M. Cover. Geometrical and statistical properties of systems of linear inequalities with applications in pattern recognition. *IEEE Transactions on Electronic Computers*, EC-14(3):326–334, 1965.
- [5] Yoav Freund and Robert E. Schapire. Experiments with a new boosting algorithm, 1996.
- [6] J. Friedman, T. Hastie, and R. Tibshirani. *The Elements of Statistical Learning*. Springer, 1 edition, 2001.
- [7] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 2nd edition, 2001.
- [8] T. Joachims. Training linear SVMs in linear time. In *ACM SIGKDD Intl. conference on Knowledge discovery and data mining*, pages 217–226, 2006.
- [9] Rainer Lienhart and Jochen Maydt. An extended set of haar-like features for rapid object detection. In *IEEE ICIP 2002*, pages 900–903, 2002.
- [10] João P. Papa, Alexandre X. Falcão, Victor Hugo C. de Albuquerque, and João Manuel R.S. Tavares. Efficient supervised optimum-path forest classification for large datasets. *Pattern Recognition*, 45(1):512 – 520, 2012.
- [11] C. P. Papageorgiou, M. Oren, and T. Poggio. A general framework for object detection. In *Computer Vision, 1998. Sixth International Conference on*, pages 555–562, Jan 1998.
- [12] R. F. Prates, Guillermo Cámara Chávez, William Robson Schwartz, and David Menotti. Brazilian license plate detection using histogram of oriented gradients and sliding windows. *CoRR*, abs/1401.1990, 2014.
- [13] Richard Szeliski. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer-Verlag New York, Inc., New York, NY, USA, 1st edition, 2010.
- [14] Paul Viola and Michael Jones. Robust real-time object detection. In *International Journal of Computer Vision*, 2001.