

基于车牌背景和字符颜色特征的车牌定位算法

杨鼎鼎¹ 陈世强^{2*} 刘静漪¹

¹(湖北民族学院理学院 湖北 恩施 445000)

²(湖北民族学院信息工程学院 湖北 恩施 445000)

摘要 针对车牌定位难、定位速度慢,提出一种基于车牌背景和字符颜色特征的车牌定位算法。算法将车牌定位分为粗定位和细定位两部分。根据车牌背景和字符固定颜色搭配,利用新的颜色模型对车牌进行粗定位,在车牌图像中找出车牌区域的大概位置。对车牌进行细定位,设计竖向边缘检测算法——改进的 Canny 边缘检测算法,对粗定位的车牌区域进行边缘检测。利用形态学算法处理边缘检测后的区域,减少车牌区域的粘和断裂。通过投影定位法和车牌的几何特征完成车牌的定位。实验结果表明,该算法设计简单,定位速度快,且通用性较好。

关键词 颜色特征 边缘检测 投影法 车牌定位

中图分类号 TP391 文献标识码 A DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2018.12.040

LICENSE PLATE LOCATION ALGORITHM BASED ON BACKGROUND AND CHARACTER COLOR FEATURE

Yang Dingding¹ Chen Shiqiang^{2*} Liu Jingyi¹

¹(College of Science, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, Hubei, China)

²(School of Information and Engineering, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, Hubei, China)

Abstract Aiming at the difficulty and slow speed of license plate location, we proposed a license plate location algorithm based on background and character color feature. The algorithm divided license plate location into two parts: coarse positioning and fine positioning. According to the fixed color combination of license plate background and characters, a new color model was used to locate the license plate roughly, and the approximate location of the license plate area was found in the license plate image. We adopted the improved Canny edge detection algorithm to design a vertical edge detection method to detect the edge of the roughly positioned license plate area. The morphological algorithm was used to process the area after edge detection to reduce the stickiness and breakage of the license plate area. Location of license plate was completed by projection and geometric characteristics. The experimental results show that the algorithm is simple in design, fast in positioning and good in generality.

Keywords Color feature Edge detection Projection License plate location

0 引言

车牌识别系统是智能交通系统的核心部分,主要步骤包括:车牌定位、倾斜校正、字符分割、车牌识别三部分。车牌定位前需对拍摄到的图像进行预处理,即

对拍摄到的图像进行降噪、增强处理;车牌定位完成后需对定位后的车牌区域进行倾斜校正,便于后续字符分割和车牌识别。车牌定位作为车牌识别中重要组成部分,由于光照、阴影等影响,使车牌定位更加困难。针对车牌定位难、定位速度慢,提出一种基于车牌背景和字符颜色特征的车牌定位算法。目前,车牌定位主

要分为灰度车牌定位^[4-7]和彩色车牌定位^[8-12],国内外学者对灰度车牌定位研究较早,技术比较成熟;彩色车牌定位发展相对较晚,研究空间较大,是当前车牌定位研究的热点。

车牌定位算法最早由加拿大学者 BERGA^[1]等人于 1988 年提出,主要目的是讨论当时自动车牌识别技术的发展水平。我国最早由赵雪春^[2]和刘效静^[3]于 1998 年提出,并开始研究车牌自动识别技术。文献[4]提出一种基于灰度变换和颜色特征的车牌定位算法,算法鲁棒性好,精确率高,但算法比传统算法复杂。基于灰度图像的车牌定位^[5],通过对车牌图像进行灰度化、二值化处理,用投影法完成了车牌定位,定位精度较高,但鲁棒性偏低。文献[6]针对传统算法定位精度不高的问题,提出一种基于灰度跳变的车牌定位算法,利用跳变位置完成车牌定位,算法鲁棒性好、精确率高,但算法设计较复杂。文献[7]提出一种基于字符特征约束的自适应车牌提取方法,利用自适应边缘检测算法和字符特征完成车牌定位,方法对背景环境、光照条件等限制极少。基于条件随机场和成分分析的车牌检测算法^[8],用最大稳定极值区域提取提取候选车牌区域,用条件随机场重构并检测出候选车牌区域,算法检测车牌的准确率高,但检测时间较长。文献[9]融合字符纹理特征与 RGB 颜色特征实现车牌定位,算法快速,定位准确。文献[10]提出一种基于线性密度的滤波方法,用于检测候选区域,使用支持向量机识别车牌,完成车牌定位,车牌定位的准确率和定位时间都有所提升。文献[11]提出一种融合字符纹理特征与 RGB 颜色特征的车牌定位算法,根据车牌背景颜色和字符颜色的特性提取颜色点对,通过检测字符纹理和形态学处理完成车牌定位,定位准确率高。文献[12]将 CIELab 颜色模型引入车牌定位中,利用 Lab 颜色空间提取蓝、黄车牌区域,并利用车牌区域的纹理特征和形态学操作实现车牌定位,提高了车牌区域初始定位准确度。文献[13]利用边缘检测、灰度跳变点和车牌的几何特征完成车牌定位,结果显示算法的抗干扰能力强。文献[14]提出一种基于颜色特征的车牌定位算法,通过 Hough 变换、傅里叶变换和小波变换完成车牌定位,提高了精确率,但算法较为复杂。基于颜色的复杂背景车牌定位^[15],利用颜色跳变和颜色信息,实现复杂背景下的车牌定位。结合颜色差分模型的车牌定位^[16],针对现有定位算法对光照敏感、易受背景影响,提出一种结合颜色差分模型的自适应增强算法,鲁棒性好、准确率高。文献[17]利用车牌颜色特征和 Canny 边缘检测算法,完成车牌定位,并对多组

车牌进行了实验,定位结果较好。基于字符边缘点提取的车牌定位方法^[18],采用窗口检测法提取字符边缘点,进而定位车牌区域,解决了车牌和车身颜色相近不能检测的问题,同时提高了算法的鲁棒性。

综上,车牌定位主要存在的问题有:算法复杂、定位速度慢、定位精度低、鲁棒性差、算法抗干扰性差等。针对部分问题,提出一种基于车牌背景和字符颜色特征的车牌定位算法。算法提出了一种新的颜色模型,并改进了 Canny 边缘检测算法,使之更适合竖向边缘的检测。算法设计简单、定位速度快、鲁棒性好。

1 相关知识及改进算法

1.1 车牌的特征

1.1.1 车牌的颜色特征

我国车牌颜色搭配主要有:蓝底白字(小车)、黄底黑字(大车)和白底黑字或红字(军警车)三类,如图 1 所示。它们共同特性是车牌背景与字符有着固定的颜色搭配,不同点是车牌背景与字符的颜色不同,且纹理不同,背景区域是横向纹理,字符区域是纵向纹理。



(a) 蓝底白字

(b) 黄底黑字



(c) 白底黑/红字

图 1 车牌类型

1.1.2 车牌的几何特征

我国蓝底白字车牌大小为 140×440 mm,宽高比为 3.14,由 7 个字符组成,第一个字符为汉字,是每个省市区的简称;第二个字符为 26 个英文字母中的一个;第 3~7 个字符由字母和阿拉伯数字组成。其中,每个字符高度为 90 mm,宽度为 45 mm,所占区域长宽比为 2:1,间隔符“·”的直径为 10 mm,字符间的标准距离为 12 mm,如图 2 所示(图中数字单位为 mm)。



图 2 车牌规格

1.2 Canny 算子及其改进

Canny 算子由 JohnCanny 于 1986 年提出,它与 Marr (LoG)边缘检测方法类似,属于先平滑后求导数的方法。Canny 算法中所采用的卷积模板比较简单,如下式所示:

$$T_x = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad T_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其 x、y 方向的一阶偏导数矩阵如下:

$$X[i,j] = \frac{f[i,j+1] - f[i,j] + f[i+1,j+1] - f[i+1,j]}{2}$$

$$Y[i,j] = \frac{f[i,j] - f[i+1,j] + f[i,j+1] - f[i+1,j+1]}{2} \quad (2)$$

由于车牌字符区域为纵向边缘,为了突出车牌字符区域,将式(2)中 x 方向的一阶偏导矩阵中相减部分都改为纵坐标相减,y 方向的一阶偏导矩阵不作改变:

$$X[i,j] = \frac{f[i-1,j+1] - f[i-1,j-1] + f[i+1,j+1] - f[i+1,j-1]}{2}$$

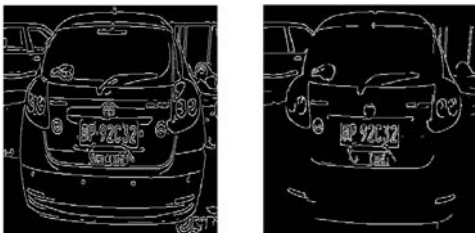
$$Y[i,j] = \frac{f[i,j] - f[i+1,j] + f[i,j+1] - f[i+1,j+1]}{2} \quad (3)$$

图 3(a)为包含车身的实验图像,图 3(b)为图 3(a)的灰度化图像,图 3(c)为 Canny 边缘检测结果,图 3(d)为改进的 Canny 边缘检测结果。根据图 3(c)、(d),Canny 边缘检测的结果更加详细,横纵边缘可以无差别检测,而改进的 Canny 边缘检测则更好地检测出车牌的竖向边缘,减少了横向边缘。由于车牌字符是纵向边缘,根据车牌区域纹理特征完成车牌定位时,Canny 边缘检测不适合用于字符纹理的检测。改进的 Canny 边缘检测可以更好地检测竖向边缘,减少横向边缘的干扰,突出字符纹理,同时减少算法量。



(a) 原图

(b) 灰度图



(c) Canny 边缘检测 (d) 改进 Canny 边缘检测

图 3 Canny 与改进 Canny 对比图

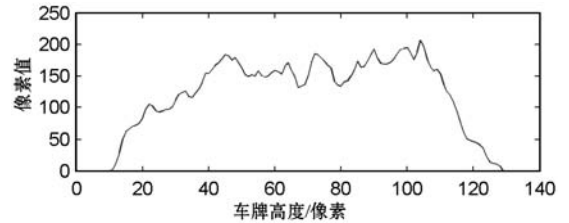
1.3 投影法

1.3.1 水平投影

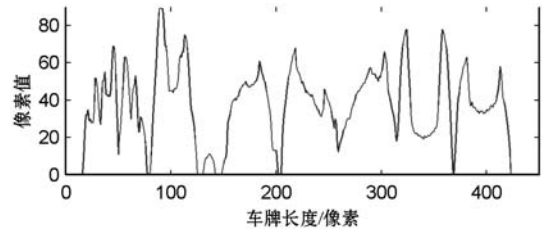
水平投影即向车牌图像纵坐标方向进行投影,纵坐标不变时,统计横坐标方向某种像素点的个数。对二值化后的车牌图像进行水平方向的投影,即统计车牌图像每行白色像素的个数,统计公式如下:

$$P(j) = \sum_{i=1}^m Bw(i,j) \quad (4)$$

图 4(a)为图 1(a)中车牌的水平投影图,根据水平投影可确定字符区的上下边界,完成字符区纵坐标方向的分割。



(a) 水平投影



(b) 垂直投影

图 4 车牌投影图

1.3.2 垂直投影

垂直投影即向车牌图像横坐标方向进行投影,横坐标不变时,统计纵坐标方向某种像素点的个数。对二值化后的车牌图像进行垂直投影,即统计每列白色像素的个数,统计公式如下:

$$P(i) = \sum_{j=1}^n Bw(i,j) \quad (5)$$

图 4(b)为图 1(a)车牌的垂直投影图,根据垂直投影可以确定车牌字符区的左右边界,完成字符区横坐标方向的分割。

2 车牌定位

车牌定位分为粗定位和细定位两部分。粗定位主要根据颜色分量分割出车牌所在的大概区域,便于细定位处理,同时减少计算量。细定位则首先对粗定位处理的车牌区域进行改进的 Canny 边缘检测;然后用形态学操作减少车牌区域断裂,得到连通的车牌区域;最后使用投影法分割出候选车牌区域,结合车牌的几何特征排除伪车牌,仅留下车牌区域。具体流程图如

图 5 所示。

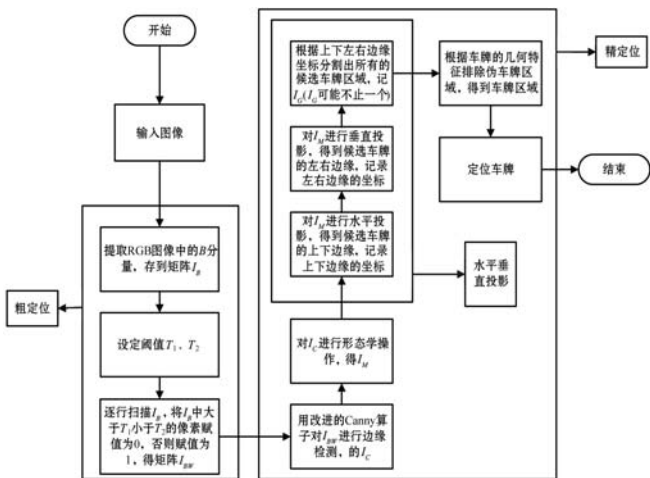


图 5 车牌定位流程图

2.1 粗定位

2.1.1 原理介绍

由摄像机拍摄到的车牌图像为 RGB 图像, 较灰度图像占用存储空间多, 若直接处理 RGB 图像, 内存和时间消耗都较大。针对这个问题, 提出一种基于蓝色通道的候选车牌区域粗定位算法。首先, 用加权法从 RGB 图像中提取蓝色通道分量; 然后, 根据先验知识设定阈值 T_1 、 T_2 ; 最后, 通过双阈值法将候选车牌区域变换为由 0、1 组成的二值图, 完成候选车牌区域粗定位。

其中, 从 RGB 图像中提取蓝色通道分量的模型为:

$$I_B = 0 \times R + 0 \times G + 1 \times B$$

双阈值法的模型为:

$$I_{BW} = \begin{cases} 1 & I_B(i, j) < T_1 \\ 0 & T_1 < I_B(i, j) < T_2 \\ 1 & I_B(i, j) > T_2 \end{cases}$$

2.1.2 算法实现

根据上述原理, 基于蓝色通道的车牌定位步骤如下:

Step1: 提取 RGB 图像中的蓝色分量, 记 I_B ;

Step2: 设定阈值 T_1 、 T_2 ;

Step3: 根据阈值 T_1 、 T_2 完成候选车牌区域粗定位, 记 I_{BW} 。

图 6 为使用上述步骤完成的车牌粗定位, 图中车身大部分已被滤除, 但仍存在一些标签干扰车牌定位, 如部分车贴、车的品牌标志等, 因而需对图 6 中的车牌进行精细定位。



图 6 粗定位车牌

2.2 细定位

2.2.1 边缘检测

用 1.2 中改进的 Canny 边缘检测算法对图 6 粗定位后的候选车牌区域进行边缘检测, 图 7 为边缘检测结果, 检测结果较好的保留了车牌区域, 但仍存在一些干扰, 如图 7 上边的品牌标志和右边的车贴。



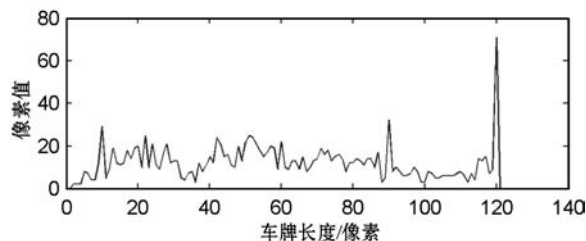
图 7 改进 Canny 检测的车牌

2.2.2 形态学滤波

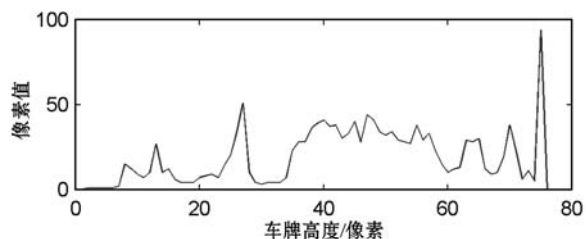
由于边缘检测后的车牌区域存在断裂或粘连的情况, 对边缘检测后的图像进行形态学处理, 可以减少断裂和粘连。若边缘检测后的车牌边缘保留较好, 可不对车牌进行形态学处理, 否则进行形态学处理。

2.2.3 确定候选车牌区域

先对候选车牌区域做垂直投影确定车牌区域的左右边缘坐标, 然后对其进行水平投影确定车牌区域的上下边缘坐标, 根据四个坐标将候选车牌区域进行分割, 得到分割区域。图 8 为利用投影法确定的车牌区域, 其中图 8(a) 为对图 7 进行垂直投影后得到的图像, 根据曲线可以确定车牌区域的左右边缘; 图 8(b) 为对图 7 进行水平投影后得到的图像, 根据曲线可以确定车牌区域的上下边缘; 图 8(c) 为根据 8(a)(b) 确定的车牌边缘对图 7 进行裁剪后的车牌区域, 与图 7 相比, 仅排除了部分车贴的影响, 因此需根据车牌的几何特征排除图 8(c) 中的伪车牌。



(a) 垂直投影



(b) 水平投影



(c) 投影裁剪

图8 投影法确定车牌区域

2.2.4 排除伪车牌

为得到精确的车牌区域,根据1.1.2节中介绍的车牌的几何特征排除图8(c)中伪车牌,图9为排除伪车牌后的车牌图像。



图9 几何特征定位车牌

排除伪车牌的步骤为:

Step 1: 做一宽45像素、高90像素的矩形框;

Step 2: 将矩形框在图8(c)中从左到右移动,若矩形框中出现白色像素,记录矩形框左上角坐标;

Step 3: 将矩形框左上角与记录的坐标重合,上下左右移动矩形框,若框内像素可单独为一连通区域,则保留该矩形框中的像素;否则该区域为伪车牌区域,删除该区域;

Step 4: 将矩形框从第一个记录的位置继续向右移动,重复Step 3,直至移到图像右下角;

Step 5: 裁剪保留的区域,即为车牌区域。

3 实验结果及分析

3.1 实验平台

PC机配置为: Intel(R) Core(TM) i5-4200M CPU @ 2.5 GHz 2.5 GHz, 内存4 GB, win7 32位操作系统。通过MATLAB 2014a编写程序实现上述加解密算法。

3.2 实验结果与分析

为验证算法的有效性,选取自然条件下拍摄的100幅蓝底车牌进行检测,定位成功率为95%,实验结果如表1所示,图10和图11分别为部分定位成功和定位失败的车牌。根据图10,定位成功的车牌,字符比较清晰,为后续识别步骤提供良好基础;根据图11,定位失败的车牌字符不完整,主要原因是由于光照条件的影响,使部分字符亮度较暗或较亮,导致车牌定位不完整。100幅车牌的定位时间曲线如图12所示,定位平均时间为0.5456 s。

表1 车牌定位实验结果

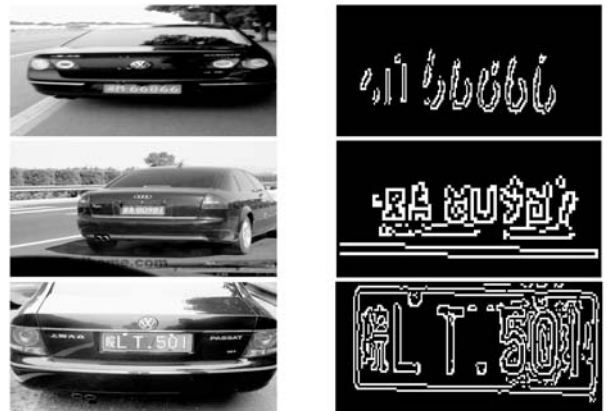
车牌数量/幅	成功/幅	失败/幅
100	95	5



(a) 原车牌图

(b) 定位后的车牌

图10 定位成功的车牌



(a) 原车牌图

(b) 定位后的车牌

图11 定位失败的车牌

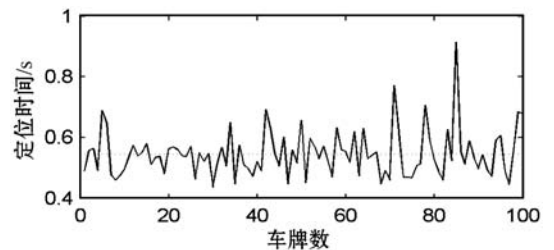


图12 定位时间

4 结语

针对车牌定位困难、定位时间长等问题,提出一种基于车牌背景和字符颜色特征的车牌定位算法。算法首先根据车牌背景和字符固定颜色搭配,利用新的颜

色模型完成车牌粗定位;然后利用设计的竖向边缘检测算法——改进的 Canny 边缘检测算法完成边缘检测;最后,使用投影法和车牌的几何特征完成精定位。实验表明该算法设计简单,车牌定位精确。该算法的不足是对强光和弱光下拍摄的车牌检测率低,后续将进一步研究强光和弱光条件下该算法的改进工作。

参 考 文 献

- [1] Bergan A T, Henion L, Krukar M, et al. Electronic license plate technology: automatic vehicle location and identification [J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 1988, 15(6):1035-1042.
- [2] 赵雪春, 戚飞虎. 基于彩色分割的车牌自动识别技术 [J]. 上海交通大学学报, 1998, 32(10):4-9.
- [3] 刘效静, 成渝. 汽车牌照自动识别技术研究 [J]. 南京航空航天大学学报, 1998, 30(5):573-577.
- [4] Luo Z, Cao J. Vehicle License plate location algorithm based on gray level variation and color features [C]//IEEE 2nd International Congress on Image and Signal Processing, 2009:1-4.
- [5] Liu H, Hou X. The precise location algorithm of license plate based on gray image [C]//2012 International Conference on Computer Science and Service System, 2012:65-67.
- [6] 王善发, 吴道荣. 基于灰度跳变的车牌定位算法及其实现 [J]. 计算机仿真, 2012, 29(1):318-321.
- [7] 费继友, 谢金路, 李花, 等. 基于字符特征约束的自适应车牌校正提取 [J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(3):632-639.
- [8] Li B, Tian B, Li Y, et al. Component-based license plate detection using conditional random field model [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2013, 14(4):1690-1699.
- [9] Sun H, Guo K. License plate location based on characters texture feature and RGB color feature [J]. Opto-Electronic Engineering, 2015, 42(6):14-19.
- [10] Yuan Y, Zou W, Zhao Y, et al. A robust and efficient approach to license plate detection [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2017, 26(3):1102-1114.
- [11] 孙红, 郭凯. 融合字符纹理特征与 RGB 颜色特征的车牌定位 [J]. 光电工程, 2015, 42(6):14-19.
- [12] 赵亮. 基于特征匹配的彩色车牌定位算法研究 [D]. 长沙:湖南师范大学, 2013.
- [13] Jiang X, Huang Y D, Li G Q. Fusion of texture features and color information of the license plate location algorithm [C]//Proceedings of the 2012 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Xian, China, 2012:15-19.
- [14] Ashtari A H, Nordin M J, Fathy M. An iranian license plate recognition system based on color features [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2014, 15(4):1690-1705.
- [15] Dun J, Zhang S, Ye X, et al. Chinese license plate localization in multi-lane with complex background based on concomitant colors [J]. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2015, 7(3):51-61.
- [16] Tian Y, Song J, Zhang X, et al. An algorithm combined with color differential models for license-plate location [J]. Neurocomputing, 2016, 212:22-35.
- [17] 孙金岭, 庞娟, 张泽龙. 基于颜色特征和改进 Canny 算子的车牌图像定位 [J]. 吉林大学学报:理学版, 2015, 53(4):693-697.
- [18] 钟伟钊, 杜志发, 徐小红, 等. 基于字符边缘点提取的车牌定位方法 [J]. 计算机工程与设计, 2017, 38(3):795-800.

(上接第 130 页)

- [10] Ibrahim M N, Atiya A F. Analytical solutions to the dynamic pricing problem for time-normalized revenue [J]. European Journal of Operational Research, 2016, 254(2):632-643.
- [11] Shakya S, Kern M, Owusu G, et al. Neural network demand models and evolutionary optimisers for dynamic pricing [J]. Knowledge-Based Systems, 2012, 29(3):44-53.
- [12] Rana R, Oliveira F S. Real-time dynamic pricing in a non-stationary environment using model-free reinforcement learning [J]. Omega, 2014, 47(9):116-126.
- [13] Zhang J. Joint dynamic pricing and inventory control policy for a stochastic inventory system with perishable products [J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(10):2937-2950.
- [14] Bi W, Li G, Liu M. Dynamic pricing with stochastic reference effects based on a finite memory window [J]. International Journal of Production Research, 2017, 55(12):3331-3348.
- [15] Boer A V D. Tracking the market: Dynamic pricing and learning in a changing environment [J]. European Journal of Operational Research, 2015, 247(3):914-927.
- [16] Meredith J R, Akinc U. Dynamic pricing and demand estimation for a single unique asset [J]. Decision Sciences, 2012, 43(4):711-728.
- [17] Aviv Y, Pazgal A. A partially observed markov decision process for dynamic pricing [M]. INFORMS, 2005.
- [18] Everaert P, Bruggeman W, Sarens G, et al. Cost modeling in logistics using time - driven ABC [J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2008, 38(3):172-191.