

文章编号: 1671-0444(2018)04-0652-06

# 基于流量数据分析的地铁站点分级研究

张建威, 李柯林, 郭宗超, 王长波

(华东师范大学 计算机科学与软件工程学院, 上海 200062)

**摘要:** 国内轨道交通站点分级方法的研究由来已久,但这些研究未考虑地铁站点与商圈一体化的现象,导致站点分级结果不准确。此外,轨道交通管理的复杂性对政府制定相应策略造成困扰。为协助政府提高策略制定效率,根据地铁站点功能设计了新的分级指标,并通过研究上海市轨道交通刷卡数据,提出了一种基于客流量、人群类别、站点特性以及轨道交通和商场一体化现象的站点分级方法。与基于客流量和地铁站点特征的分级方法相比,该分级方法可以获得更合理的分级结果。

**关键词:** 地铁站点分级; 客流量; 轨道交通和商场一体化

**中图分类号:** TP 301.6      **文献标志码:** A

## Grading Research of Subway Stations Based on Traffic Data Analysis

ZHANG Jianwei, LI Kelin, GUO Zongchao, WANG Changbo

(School of Computer Science and Software Engineering, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** There has been a long history of research on the classification methods of rail transit stations in China. However, the integration phenomenon of subway stations and business circles are not considered, resulting in site classification incorrect. Meanwhile, due to the complexity of rail transit management, government is plagued by the formulation of corresponding strategies. To improve the efficiency of government policy, a new classification index was designed according to the function of stations. Based on the passenger flow, category of people, the characteristics of sites, and the integration of rail transit and shopping malls, a new site classification method was proposed through the study on swiping-card data from rail transit card in Shanghai. Compared with the classification method based on characteristic of passenger flow and metro stations, the proposed method is more reasonable.

**Key words:** classification of subway stations; passenger flow; integration of rail transit and shopping malls

近年来全国各地陆续规划建设了大量的城市轨道交通线路,轨道交通的发展极大地方便人们的出行,但由于一些站点的分级不合理,导致了站点和承载客流量不匹配的问题。国内轨道交通站点分级方法的研究由来已久,但既有的研究中站点的分级体

系也不尽相同,且各有其局限性。目前国内轨道交通站点的分级方法主要有3类。第1类以静态评估为主,将不同区域下的轨道站点密度、线网密度等交通设施指标进行对比分析,反映交通设施的规模问题。例如,文献[1]根据客流特征和区域环境的服

收稿日期: 2018-01-20

作者简介: 张建威(1991—),男,河南驻马店人,硕士研究生,研究方向为信息可视化, E-mail: johnzhang0907@outlook.com

王长波(联系人),男,教授, E-mail: cbwang@sei.ecnu.edu.cn

务功能对站点进行分级。第2类以客流量评估为主,包括了OD(origin destination)分析、流量分析、换乘分析等一系列面向运输网络、出行规律的研究。例如:文献[2]根据客流量对交通枢纽(包括轨道交通)进行等级划分;文献[3-4]均根据客流量对站点进行分级。第3类综合客流量和站点的静态属性对站点进行等级划分。例如,文献[5]选取了4个指标,即客流量、位置、交通组织和客运服务,然后基于这些指标用评分法对车站进行分类。文献[6]借鉴文献[5]的分级方法,即提出了一个公式对客流量进行打分,然后把地铁站点分为3类,旅游、休闲和日常通勤,对分数进行修正。

上海的大型交通枢纽往往连接着一个或多个大型综合商场,轨道交通为这些商场带来大量顾客,这些顾客反过来也促进了公共交通的发展,这种现象对轨道交通的规划有着重要的参考意义。本文基于文献[6]的分级方法,并结合上海地铁站点特性,提出了一种基于客流量、人群类别、站点特性以及轨道交通和商场一体化现象的站点分级方法。

表1 原始交通卡数据样例表

Table 1 Sample data of transportation card

卡号	刷卡日期	刷卡时间	站点名称	出行方式	消费金额	交易性质
203243215	2015-04-25	09:19:08	11号线御桥	地铁	0	非优惠
154324843	2015-04-25	13:32:57	2号线静安寺	地铁	4.5	优惠

基于该数据分析乘客的出行特征,并确定站点的属性,需要对原始数据进行预处理,建立出行库。本文首先识别每个卡号的每次完整出行,完整的单次地铁出行应包含相邻的进站记录和出站记录,按

## 1 上海轨道交通概况与地铁刷卡数据介绍

### 1.1 上海轨道交通概况

截至2015年4月30日数据开放时,上海市运营的轨道交通线路共有14条,交通站点共有288个。除上海市远郊的奉贤区和崇明岛外,其余各个区域至少拥有一条轨道交通线路,而在黄浦区、静安区等拥有多条轨道交通线路。

### 1.2 地铁刷卡数据描述和预处理

地铁刷卡数据中包含不同群体的出行信息,从这些数据中能够得到各个群体的出行特征,有效地运用可视分析技术挖掘出潜在在人群的移动规律对交通管理有着十分重要的意义。本文采用2015年4月的上海市公共交通系统中的地铁刷卡数据,如表1所示。原始的数据记录了每一张卡的“流水”信息,即每个人在何时何地进站或者出站,产生了多少费用,是乘客全过程出行链的记录。

刷卡日期、卡号、刷卡时间、站点名称、消费金额先后对所有数据进行排序,依次识别相邻行的关系,并将所有字段内容合并到新行,依次遍历所有的数据,得到完整的出行记录表,样例如表2所示。

表2 完整出行的数据表结构

Table 2 Complete travel data record

卡号	刷卡日期	进站时间	进站名称	出站时间	出站名称	消费金额
203243215	2015-04-25	09:19:08	11号线御桥	10:23:54	1号线莘庄	5

## 2 分级方法

本文基于上海市轨道交通刷卡数据进行客流量分析,通过乘客的乘车时间区分人群类别,结合客流量、人群类别、站点特性以及轨道交通和商场一体化提出了一种新的站点分级方法。

### 2.1 OD识别和修正指标的设置

由于地铁站点无法覆盖上海所有人口居住的地区,本文用数据识别出来的居住地站点和就业地站点来近似代替居住区域和工作区域。

通过统计交通卡数据,本文把工作日出行4次,行程一致,乘坐时间相近且特征满足式(1)的乘客定义为上班族。

$$\begin{aligned} 5:30 < t_{in} < 10:00 \\ 17:00 < t_{out} < 21:00 \end{aligned} \quad (1)$$

式中: $t_{in}$ 为每天的第一次进站时刻; $t_{out}$ 为每天傍晚之后的第一次进站时刻。

本文将人群划分为上班族与购物群体,研究了两种人群的出行特征,通过绘制时序变化图来进行区域划分(见图1)。研究发现一些轨道交通站点

具有很明显的特征,故将站点分为 3 类:商业区域,工作区域和居住区域;同时一个轨道交通站点可能同时属于多个类别。文献[7-10]均提及以轨道交通配套车站接驳方式的类别和数量(即枢纽的衔

接情况)作为分级指标。上海市轨道交通承担了不同程度的枢纽任务,因此本研究加入了枢纽等级以作修正。本文设定的等级与修正指数如表 3 所示。

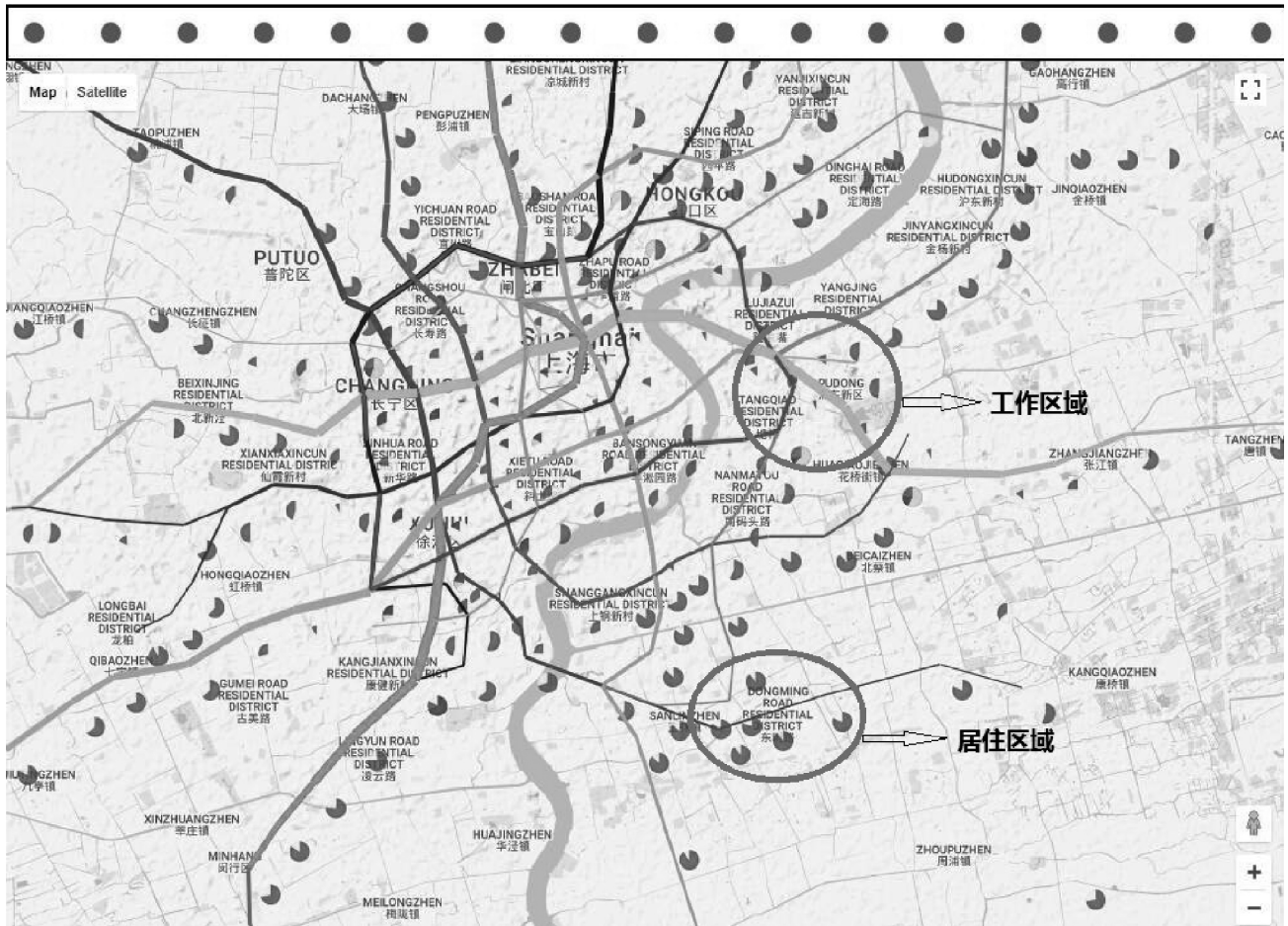


图 1 人流分布时序变化图

Fig. 1 Time sequence diagram of flow distribution

表 3 等级与修正指数

Table 3 Rate and correction index values

级别	商业区域		工作区域		居住区域		枢纽等级	
	描述	修正值	描述	修正值	描述	修正值	描述	修正值
A	国际商业中心	1.5	金融中心	1.5	无	无	国际客运中心	1.5
B	中央商业区	1.4	国家商务区	1.4	特大居住区	1.4	国家客运中心	1.4
C	市级商业中心	1.3	市级商务区	1.3	大型居住区	1.3	城市交通枢纽	1.3
D	区级商业中心	1.2	区级商务区	1.2	中型居住区	1.2	区域交通枢纽	1.2
E	社区级商业区	1.1			小型居住区	1.1	小型交通枢纽	1.1

《上海商圈等级划分》基于服务对象、日客流量、商业集聚范围和商业设施面积将商圈分为不同的等级,本文参照该文献的级别划分规则把站点的商业区域划分为国际商业中心、中央商业区、市级商业中心、区级商业中心和社区级商业区。文献[11]根据

站点所承担的交通功能和规模大小将枢纽划分为不同的级别,本文参照该文献把站点枢纽划分为国际客运中心、国家客运中心、城市交通枢纽、区域交通枢纽和小型交通枢纽。工作区域和居住区域级别的划分根据站点的客流量分布设置,方法如下:根据站

点的居住人数  $n$  所属的区间  $(0, 5\ 000]$ 、 $(5\ 000, 10\ 000]$ 、 $(10\ 000, 15\ 000]$ 、 $15\ 000$  以上,将站点划分为小型居住区、中型居住区、大型居住区、特大型居住区;根据站点的工作人数  $n$  所属的区间  $(0, 5\ 000]$ 、 $(5\ 000, 10\ 000]$ 、 $(10\ 000, 20\ 000]$ 、 $20\ 000$  以上,将站点划分为区级商务区、市级商务区、国家商务区、金融中心。每个站点的平均居住人数和工作人数如图 2 所示。

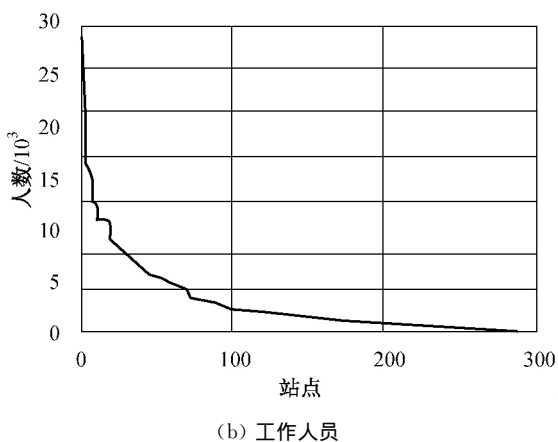
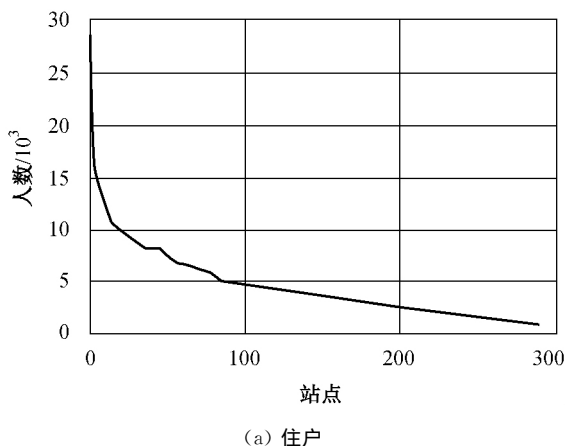


图 2 地铁站点人数分布

Fig. 2 The distribution of passenger flow in rail transit stations

### 2.2 分级方式

上海市 288 个轨道交通站点的人流量累计图如图 3 所示。由图 3 可知,大约在 40 000 人/天的节点处会形成差别很大的图形断点。

本文使用文献[5]提出的方法根据客流量进行站点评分计算。设立分界点  $F_x = 40\ 000$ ,评分中心点  $S_x = 50$  以及  $F_{\min} = 687$ (最小客流量为华夏中路站),  $F_{\max} = 222\ 405$ (最大客流量为人民广场站),  $S_{\min} = 0$ ,  $S_{\max} = 100$  进行计算,计算方法如下:

如果当前站点客流量  $F_i < F_x$ ,那么当前站点评分为

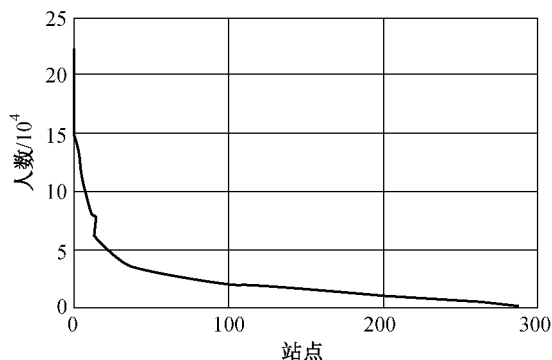


图 3 地铁站点人流量累计图

Fig. 3 Cumulative graph of passenger flow in rail transit stations

$$S_i = \frac{F_i - F_{\min}}{F_x - F_{\min}} S_x \quad (2)$$

如果当前站点客流量  $F_i \geq F_x$ ,那么当前站点评分为

$$S_i = \frac{F_i - F_x}{F_{\max} - F_x} (S_{\max} - S_x) + S_x \quad (3)$$

文献[5]根据地铁站点的固有属性把站点分为 3 类,分别是交通站点、休闲站点和日常通勤站点,同时针对每个类别又划分 4 个等级,每个级别对应一个修正值。文献[5]的分级方式使用客流量评分,并通过站点固有属性进行修正获得站点的级别。

上海市作为国际经济中心,其发展现状与其他类型城市有很大不同,其中很明显的一点就是轨道交通枢纽站与大型商场的一体化。文献[12]对上海市杨浦区五角场地区进行了研究,五角场作为杨浦区最大的商业中心,同时具有交通枢纽、商业商务等多种功能,因此在对这类站点进行研究时,采用单一分类进行评分修正是不准确的。本文认为进行累计修正能够更好地为轨道交通站评级,本文提出的评级计算如式(4)所示。

$$R_i = S_i \times B_i \times W_i \times L_i \times H_i \quad (4)$$

式中:  $B_i$  为站点属于商业区域级别所对应的修正值;  $W_i$  为站点属于工作区域级别所对应的修正值;  $L_i$  为站点属于居住区域级别所对应的修正值,  $H_i$  为站点属于枢纽等级所对应的修正值。其中,如果当前站点不具备某一项功能,那么此项修正值为 1。

同时本文提供了三级和四级标准。通过对上海市交通状况进行分析,发现由于人流集中现象相对明显,因此本文设定当  $R_i \in (50, 100]$  时为 A 级,同时三级情况下 B 级  $R_i \in (25, 50]$ , C 级  $R_i \in (0, 25]$ ; 四级情况下 B 级  $R_i \in (30, 50]$ , C 级  $R_i \in (20, 30]$ , D 级  $R_i \in (0, 20]$ 。

### 3 结果分析

本文通过计算得到了上海地铁 2 号线站点的修

正值,即根据人流量和站点的属性确定不同站点所对应表 3 中的类别及相应的级别,然后获得相对应的修正值,结果如表 4 所示。

表 4 地铁 2 号线站点评分值示例  
Table 4 Station grade of metro line 2

名称	商业		工作		居住		交通		名称	商业		工作		居住		交通	
	等级	评分	等级	评分	等级	评分	等级	评分		等级	评分	等级	评分	等级	评分	等级	评分
人民广场	B	1.4	B	1.4		1	C	1.3	北新泾		1		1	D	1.2	E	1.1
东昌路		1	D	1.2	E	1.1		1	广兰路		1		1		1	D	1.2
虹桥机场		1		1		1	A	1.5	虹桥火车站		1		1		1	B	1.2
江苏路	E	1.1		1		1	D	1.2	金科路		1		1		1		1
静安寺	C	1.3	C	1.3		1		1	凌空路		1		1		1		1

通过本文提出的评级公式计算得到地铁 2 号线站点分级结果,并与其他方法进行对比,结果如图 4 所示。其中,OUR(3)和 OUR(4)分别是本文提出的三级标准和四级标准的分级结果,为了方便表示,级别 A、B、C、D 分别用 4、3、2、1 代替。

本文根据交通卡刷卡数据进行客流量分析,根据出行时间对刷卡人员进行类别划分,并把站点划分为不同类别,最后根据客流量、站点属性以及轨道

交通和商圈一体化对地铁站进行综合评分后进行分级。相比较文献[5]的分级方法,本文方法考虑了上海地铁站点的特点并选取著名传媒公司《地铁广告传媒》和《媒力中国》对上海地铁站的分级结果作为参照。观察图 4 发现,本文的方法比文献[6]的方法更加符合媒体共识,对比媒体的评级结果,本文的方法也更有效。此外,本文评分标准更加具体,能够很好地为其分级。

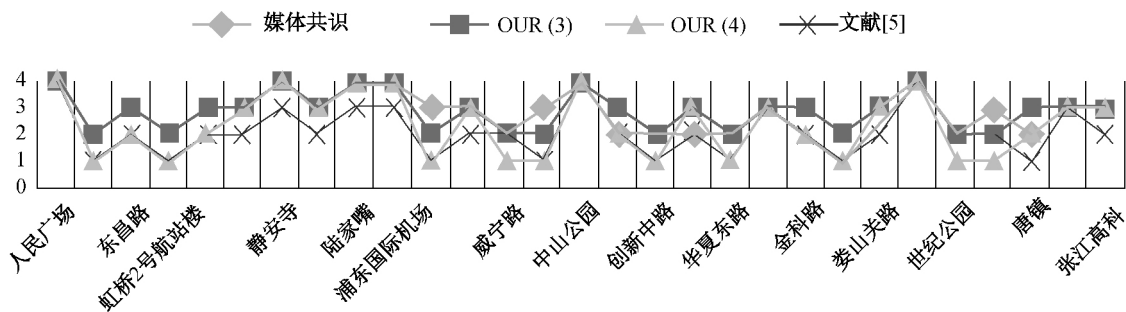


图 4 不同方法的上海地铁 2 号站点分级结果对比  
Fig. 4 Comparison of class results of Shanghai metro line 2 with different methods

### 4 结语

本文通过对以往的研究进行分析,同时基于交通卡刷卡数据进行居住与工作区域划分和轨道交通与商业一体化现象进行商业区域与枢纽等级划分,提出了一种适用于上海市的轨道交通站点分级方法。本研究使用了人流数据、商业等级、枢纽等级等因素进行评分,并提出了三级和四级两种等级评定标准。通过试验结果对比,本文的方法能够有效地评定轨道交通站点等级,为行政管理与相关政策制定起到很好的辅助作用。

### 参 考 文 献

[1] 地铁设计规范: GB/T 50157—2013[S]. 北京:中国工业出版社,2014.  
 [2] 北京市市政工程设计研究总院有限公司. 城市客运交通枢纽设计规范(征求意见稿)[A]. 2014.  
 [3] 何宗华. 城市轻轨交通工程设计指南[M]. 北京:中国工业出版社,1993.  
 [4] 汪松滋,何其光. 城市轨道交通运营组织[M]. 北京:中国工业出版社,2003.  
 [5] 陈扶崑,吴海军. 基于定量分析的城市轨道交通车站分级探讨[J]. 现代城市轨道交通,2010(3):78-80.  
 [6] WEI Y, LIN S, CHU R, et al. A method of grading subway stations[J]. Procedia Engineering, 2016, 137:806-810.  
 [7] 戴子文,谭国威,戴子龙. 城市轨道交通车站分类及等级划分研

- 究[J]. 都市轨道交通, 2016, 29(4): 38-42.
- [8] 李橘云. 广州市轨道交通站点交通衔接功能分级体系探讨[J]. 城市公共交通, 2008(10): 36-38.
- [9] 金勇, 王清校, 张灿. 城市轨道站点分级研究[J/OL]. 城市建设理论研究. [http://www.wafangdata.com.cn/period/detail.do?period\\_id=csjsllgj](http://www.wafangdata.com.cn/period/detail.do?period_id=csjsllgj).
- [10] 谢涵洲, 田锋. 基于交通与空间活动功能复合的城市轨道交通站点分级体系研究[J]. 交通科技, 2015(4): 153-154.
- [11] 陆圆圆, 李朝阳. 上海综合交通枢纽规划设计的思考[J]. 上海城市规划, 2015(2): 101-105.
- [12] LIN X R, PAN H X. The effects of the integration of metro station and mega-multi-mall on consumers' activities: a case study of Shanghai[J]. Transportation Research Procedia, 2017, 25: 2578-2586.

(责任编辑: 杜 桂)

## (上接第 651 页)

- [11] 朱剑, 尹文庆, 谢蓓. 基于嵌入式的电液比例控制系统在联合收割机割台高度控制中的应用[J]. 液压与气动, 2012(1): 83-86.
- [12] 伟利国, 车宇, 汪凤珠, 等. 联合收割机割台地面仿形控制系统设计及试验[J]. 农机化研究, 2017(5): 150-154.
- [13] XIE Y, ALLEYNE A, GREER A, et al. Header height control of a combine harvester system [C]// ASME 2010 Dynamic Systems and Control Conference, 2010: 7-14.
- [14] XIE Y, ALLEYNE A. Two degrees of freedom control for combine harvester header height control [C]// ASME 2012 5th Annual Dynamic Systems and Control Conference Joint with the JSME 2012 11th Motion and Vibration Conference, 2012: 539-547.
- [15] 申屠留芳, 张炎, 孙星钊, 等. 叶类蔬菜收获机割台机构的设计[J]. 中国农机化学报, 2017, 38(3): 9-13.
- [16] 高龙, 弋景刚, 孔德刚, 等. 小型智能叶菜类蔬菜收割机设计[J]. 农机化研究, 2016, 38(9): 147-150.
- [17] 刘小艳, 师帅兵, 李彩峰, 等. 图像处理在割台高度控制系统中的应用[J]. 农机化研究, 2009, 31(4): 178-180.
- [18] 胡杰文. 小型多功能绿叶类蔬菜收获机的设计与优化[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2014.
- [19] 刘豹, 唐万生. 现代控制理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 293-306.
- [20] 刘浩梅, 张昌凡. 基于 LQR 的环形单级倒立摆稳定控制及实现[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(9): 3496-3501.
- [21] PRASAD L B, TYAGI B G, GUPTA H O. Optimal control of nonlinear inverted pendulum system using PID controller and LQR: Performance analysis without and with disturbance input [J]. International Journal of Automation & Computing, 2014, 11(6): 661-670.

(责任编辑: 杜 桂)