

机场智慧飞行区内涵、分级与评价

赵鸿铎¹, 李琛琛¹, 刘诗福¹, 郝航程²

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804; 2. 深圳市机场股份有限公司, 广东 深圳 518128)

摘要: 对机场智慧飞行区的内涵、分级与评价进行诠释与定义, 明确了智慧飞行区运行目标为“全时安全、零误高效、最优效益、绿色环保”。借鉴高等智慧生物的基本要素和能力, 将智慧飞行区定义为由先进的基础设施、服务设备、感知网络、数据中心、通信网络和能源系统组成, 并具有不同程度的主动感知、自动辨析、自主决策、自主适应、自主行动、动态交互和持续供能等智能能力的飞行区。在此基础上, 明确了智慧飞行区智能能力的具体技术内涵以及智能能力之间的逻辑关系。最后, 从两个维度上提出了智慧飞行区分级和评价体系。

关键词: 智慧飞行区; 内涵; 智能能力; 分级; 评价

中图分类号: V351.11

文献标志码: A

Concept, Intelligence Rating, and Evaluation of Smart Airfield in Airport

ZHAO Hongduo¹, LI Chenchen¹, LIU Shifu¹,
HAO Hangcheng²

(1. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China; 2. Shenzhen Airport Co., Ltd., Shenzhen 518128, Guangdong, China)

Abstract: The concept, intelligence rating, and evaluation of smart airfield in airport are interpreted and proposed in this paper. The vision of smart airfield is clarified as “full-time safety, zero delay, maximal benefit, environment protection”. The definition of smart airfield in airport is proposed based on the elements of smart organism. Smart airfield is defined as an airfield composed of advanced infrastructure, service facility, monitoring network, data center, communication network and energy supply system, which has the ability of self-monitoring, automatic analyzing, self-adaptation, self-operation, information interacting, and continuous energy supplying. Based on the definition, the particular conception and logical relationship of smart abilities are given. Besides, the requirements of intelligence rating

and evaluation system of smart airfield are proposed from two dimensions.

Key words: smart airfield; concept; smart abilities; intelligence rating; evaluation

近年来, 民航机场外来侵入物 (foreign object debris, FOD) 事故时有发生, 影响跑道使用效率和乘客出行体验^[1]; 停机位仍采用静态分配, 影响机场人员和物资中转效率, 并可能产生安全隐患; 场道巡检、维修仍需大量人力, 并且出入口安检效率低下; 基础设施管养信息的准确性和可靠性不足, 导致资金投入计划缺乏科学合理的决策依据; 此外, 飞行区内噪声污染、大气污染、耗电量大等问题仍需进一步改善。传统的机场飞行区运行模式虽已做出相应改进, 但仍不足以适应人们对机场飞行区运行的安全、效率、效益和环保的新需求。机场飞行区面临的上述问题亟需智慧化的解决方案。

目前, 国内外对智慧飞行区的研究源于智慧城市关于机场建设的部分内容, 在场面监视与控制系统^[2]、道面管理系统^[3-4]、智能灯光系统^[5]、机场周界安防系统、跑道 FOD 监测系统和智能驱鸟系统等方面发展迅速。尽管这些新技术从不同层面上丰富了智慧飞行区实现途径和智慧化特征, 但未对智慧飞行区的内涵及特征进行系统的阐述。

鉴于此, 本文借鉴国内外对智慧城市^[6]、智能交通^[7]、智能铺面^[8-9]的研究成果, 对智慧飞行区的内涵、分级和评价体系进行了系统的研究。以飞行区运行目标为出发点, 类比高等智慧生物的基本要素和能力, 概括了智慧飞行区的基本内涵和智能能力, 并提出了智慧飞行区分级与评价体系, 成果可为智慧飞行区技术的研究与应用提供参考。

收稿日期: 2018-10-08

基金项目: 国家自然科学基金(51778477)

第一作者: 赵鸿铎(1976—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为机场工程、道路工程。

E-mail: hdzhao@tongji.edu.cn



扫码
查看
作者
扩展
介绍

开放科学(资源服务)
标识码(OSID)

1 智慧飞行区的内涵

1.1 飞行区的运行目标

飞行区的运行目标是在成本、能耗以及环境的约束下,通过规范标准、规章制度、程序流程、现场指挥、技术辅助、信息支持等手段,实现飞行区内人、车、飞机、货物的安全高效流动,保障飞行区场面运行、设施管养、地勤服务、应急救援和能源保障等业务的有序运行. 未来飞行区的运行目标是实现飞行区运行的全时安全、零误高效、最优效益和绿色环保,如图 1 所示.

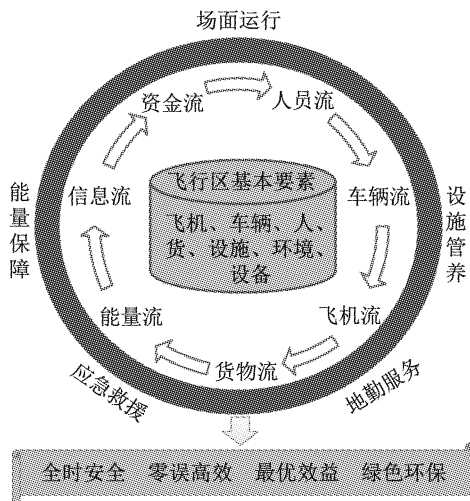


图 1 飞行区的运行目标

Fig.1 Operation objectives of airfield

飞行区智慧化将有力支撑“全时安全、零误高效、最优效益、绿色环保”运行目标的实现. 当智慧飞行区具有自主感知、辨析、决策等能力,且各项能力满足业务需求的可靠度和准确性,可实现对 FOD 的主动探测、对飞机区场面运行状态、外部环境实时感知,可从源头上避免飞行区事故征候,实现飞行区运行的全时安全;可实现对场道性状、FOD 风险、场面运行冲突风险的主动评估等,可最大限度地保障场面运行的通畅性,实现飞行区运行的零误高效;可实现全面感知基础设施状态信息,科学合理地做出养护维修决策,实现飞行区资金投入的最优效益;可实现对能源生产计划的自主决策以及能源的科学管理,实现飞行区供能的绿色环保.

1.2 智慧飞行区的基本要素

从“智慧”的本质出发,借鉴智能铺面研究成果^[9],探讨高等智慧生物的基本特征和组成要素,以对智慧飞行区展开定义. 感官、大脑、肌体、神经、心

脏是高等智慧生物生长、繁衍必不可少的组成要素. 感官是生物自我调节和环境适应的基础,负责信息的采集,用于感知生物体内部状态和外部环境;大脑是神经系统的中枢,用于处理、记忆神经网络传递的各类信息;肌体是生物体形体的组成部分,一方面具有生长、修复、调节等自主适应能力,另一方面根据大脑的指令做出伸手、抬腿等行为;神经是感官和大脑之间联系的纽带,是生物体从信息感知到信息处理所必要的传输路径;心脏,包括循环系统,为生物体持续提供能量,从而保障生物体智慧能力的发挥. 与高等智慧生物的基本要素对应,智慧飞行区要具备智慧能力,形成智能行为,同样需要基本要素做支撑,在智慧飞行区中分别定义为感知网络、数据中心、基础设施、服务设备、通信网络以及能源系统. 智慧生物体和智慧飞行区基本要素的对应关系,如图 2 所示. 智慧飞行区的基本要素及提供的基本能力,如表 1 所示.

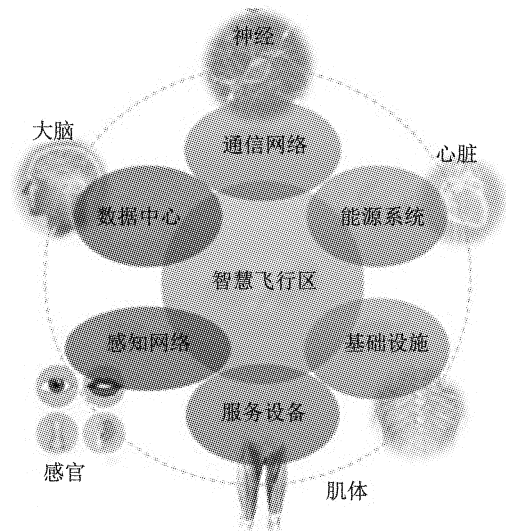


图 2 智慧飞行区基本要素

Fig.2 Basic elements of smart airfield

表 1 智慧飞行区基本要素和智能能力

Tab.1 Basic elements and abilities of smart airfield		
智慧生物体基本要素	智慧飞行区基本要素	智慧飞行区基本能力
感官	感知网络	主动感知
大脑	数据中心	自动辨析
		自主决策
肌体	基础设施	自主适应
	服务设备	自主行动
神经	通信网络	动态交互
心脏	能源系统	持续供能

1.3 智慧飞行区的定义

在明确了智慧飞行区的运行目标、基本要素和能力的基础上,智慧飞行区定义如下:以“全时安全、零误高效、最优效益、绿色环保”为运行目标,由先进

的基础设施、服务设备、感知网络、数据中心、通信网络和能源系统组成,具有不同程度的主动感知、自动辨析、自主决策、自主适应、自主行动、动态交互和持续供能等智能能力的飞行区。

2 智慧飞行区的智能能力

与其定义相对应,智慧飞行区所具备的智能能力包括主动感知、自动辨析、自主决策、自主适应、自主行动、动态交互等能力。智能能力的具体技术内涵,如表 2 所示。智慧飞行区充分发挥出各项智能能

力,能够保障飞行区场面运行、设施管养、地勤服务、应急救援和能源保障等业务的有序高效运行。以发挥“自主适应”智能能力为例,飞行区在对信息自动辨析的基础上,将在场面运行、设施管养、地勤服务、应急救援以及能源管理等方面根据各类事件和情况自主适应。其中,场面运行方面包括地面交通信号灯的动态适应、场面突发状况的消散;设施管养包括道面裂纹修复、老化恢复、尾气降解、粉尘抑制、融冰化雪;地勤服务包括地勤人员与特种车辆的协调调度;应急救援包括救援人员与救援设备的协调调度;能源管理包括能源的动态供应、耗能设备的动态调整。

表 2 智能能力的技术内涵

Tab.2 Particular concept of smart abilities

智能能力	技术内涵	
主动感知	外部环境	气温、风、雨、雪、雾、噪声
	能量供应	电量状态、推进状态、发电机组状态、电能质量测量状态、配电状态
	地勤服务	飞机的货物量、油量、飞机泊位位置、后勤保障车作业情况、地勤作业情况
	道面性状	温度、湿度,冰冻,平整度、应变、位移,强度、模量、冲击、振动
	场面运行	场面监控、行为信息、突发事件感知
	外来物	飞鸟、无人机、FOD、外来人员
	应急救援	航空器紧急事件、非航空器紧急事件
自动辨析	信息集成	信息融合集成、大数据管理
	信息处理分析	信息过滤、信息建模、大数据分析
	状态评估诊断	性能评估、损伤诊断、运行安全评估、状态评估
	风险评价预测	FOD 风险、断板风险、冲突风险、能源供应风险
	发展趋势预判	天气预测、道面病害发展、外部环境预测、场面运行预测
自主适应	能源管理	能源动态供应、耗能设备动态调整
	地勤服务	地勤人员与特种车辆的协调调度、地服保障管理系统
	场面运行	地面交通信号灯的动态适应、场面突发情况的消散
	设施管养	裂纹修复、老化恢复、尾气降解、粉尘抑制、融冰化雪
自主决策	能源管理	供能地点的选择、供能线路的优化、能源生产计划
	设施管养	道面维修计划、人员安排计划、养护资金投入
	地勤服务	地服管理计划、地勤人员安排计划、特种车辆安排计划
	场面运行	飞机滑行引导方案、停机位动态分配、冲突处理、防侵入处理
	应急救援	应急事件处理、救援方案
动态交互	信息推送	与飞行员、驾驶员、服务人员、管理者交互
	位置引导	与飞行员、航空器、驾驶员交互
	状态预警	与飞行员、驾驶员、服务人员、管理者交互
	性能预估	与服务人员、管理者交互
	事件决策	与飞行员、驾驶员、服务人员、管理者交互
自主行动	场面运行	外来物自动处理、飞机和车辆主动控制、最优路径滑行、停机位动态分配
	设施管养	自动运输、自主维修、割草、除胶
	地勤服务	地勤服务设备网联化、自动化
	应急救援	故障自排查、各应急设备对火灾、擦碰等事故自主救援
	能源管理	能源线路自主维修、能源自主供应

智慧飞行区智能能力的发挥要求各项能力之间具有特定的逻辑关系,根据表 2 的技术内涵,六大智能能力的逻辑关系如图 3 所示。通过视频网、雷达网、通信网等感知网络主动感知飞行区状态、性能、环境和行为信息;在数据中心对信息进行校验、集成、管理、分发、诊断等自动辨析处理;辨析后的信息

一方面有力支持飞行区进行自动调控和自主适应,另一方面在数据中心对各事件进行自主决策;同时事件决策可与飞行区的飞行员、驾驶员、管理者等“服务人员”进行动态交互,也可以依靠“系统”对飞行区各事件进行自主行动。

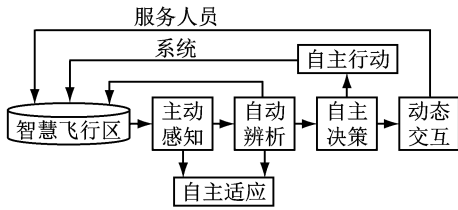


图 3 智能能力逻辑关系

Fig. 3 Logical relationship of smart abilities

3 智慧飞行区的分级与评价

飞行区最终达到“自主行动”的最高智慧层级目标不可能一蹴而就,且飞行区建设和运营具有不同

的目的和要求,所具备的智能能力并不相同,不必按照同样的智慧层级要求进行建设.不同发展阶段的飞行区,其智能能力的实现要有针对性和侧重点.因此,需要建立智慧飞行区分级体系,明确飞行区所处智慧层级,通过科学、合理的规划引导飞行区实现智慧层级递进式发展.

3.1 分级体系

智慧飞行区的分级是个复杂的系统工程,需按照智能能力的高低将智能能力分为五个不同的层级.为直观、全面、准确对飞行区智慧度进行界定,需从两个维度进行分析,如图 4 所示.

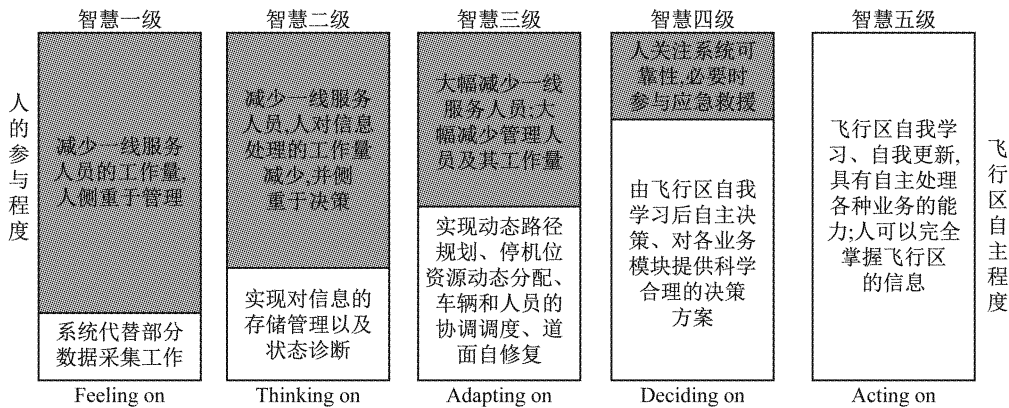


图 4 智慧飞行区分级

Fig. 4 Intelligence rating system of smart airfield

维度一.依据“人的参与程度 vs 飞行区自主程度”展开分级^[10].根据科技发展趋势假定如下:随着智慧飞行区智慧层级增加,人的参与程度减少,飞行区自主程度提高,到最高层级人将不再参与沉重、繁重的工作,飞行区最终实现自主管控.智慧飞行区在不同发展阶段具体表现为:智慧一级,系统将代替部分数据采集工作,减少一线服务人员巡视检查和设备维护的工作量,人侧重于组织协调;智慧二级,飞行区实现对信息的存储管理以及场面运行状态诊断,将继续减少一线服务人员工作量,人侧重于决策;智慧三级,飞行区实现动态路径规划、停机位资源动态分配、车辆和人员的协调调度和道面自修复等,大幅减少一线服务人员和管理人员工作量;智慧四级,飞行区各业务组织由飞行区自我学习后自主决策,并对各业务组织提供科学合理的决策方案,人负责监督系统可靠性,在必要时参与应急救援等工作;智慧五级,系统具备非常强的鲁棒性,人力得到解放,要求飞行区具备自我学习、自我更新、不断提升自主处理各类业务的能力.

维度二.针对每一个智慧层级飞行区侧重实现

的智能能力展开分级.根据科技发展趋势及各项智能能力的逻辑关系,智慧飞行区在不同发展阶段具体表现为:智慧一级,飞行区侧重实现“feeling on”,即对各类信息的主动感知提升到一定的水平,为后续智能能力的发挥提供基础;智慧二级,飞行区侧重实现“thinking on”,即对主动感知信息进行辨析和处理,有力支撑后续的适应、决策以及交互;智慧三级,飞行区侧重实现“adapting on”,即重点实现飞行区的自主适应能力,将飞行区的智慧化进一步提升;智慧四级,飞行区侧重实现“deciding on”,即将各业务模块的自主决策重点实现,为自主行动奠定基础;智慧五级,飞行区侧重实现“acting on”,随着自动化、机械化技术的进一步发展,重点实现飞行区的自主行动.

3.2 评价体系

为进一步量化各智慧层级所侧重实现的智能能力,建立智慧飞行区的评价体系,如图 5 所示.图 5 中,横向表示六种智能能力,竖向的黑色箭头表示智能能力是逐渐递增的,并且每种能力划分为 5 个阶段.智能能力增长的过程也是系统可靠度和准确性

不断提高的过程,最终整个飞行区的运行要达到安全可靠、准确高效.

(1) 对于主动感知能力,表现为从良好天气、单方向、某区域→良好天气、单方向、主要区域→良好天气、全方位、主要区域→全天候、全方位、主要区域→全天候、全方位、全领域的阶梯上升.

(2) 对于自主辨析能力,表现为从信息融合集成→信息处理分析→状态评估诊断→发展趋势预判→风险评价预测的螺旋上升.

(3) 对于自主适应能力,表现为从部分自适应→中度自适应→有条件自适应→高度自适应→完全自适应的阶梯上升.

(4) 对于动态交互能力,表现为单向、静态、非实时交互→多向、静态、非实时交互→多向、静态、实时交互→多向、动态、实时交互→全方位、动态、实时

交互的阶梯上升.

(5) 对于自主决策能力,表现为单目标、单约束、静态决策→单目标、多约束、静态决策→多目标、多约束、静态决策→多目标、多约束、动态决策→多目标、多约束、动态、协同决策的阶梯上升.

(6) 对于自主行动能力,表现为自主运输→自主检测巡视→自主养护维修→自主地勤服务→自主应急救援的螺旋上升.

智慧飞行区各智慧层级有针对性地实现维度二中对应的智能能力.与图 5 相对应,各智慧等级在侧重实现某种能力时,定性分级表中“跨越”的阶段数则增加.以智慧一级为例,智慧一级侧重实现飞行区的主动感知,那么智慧一级的飞行区“跨越”主动感知第一和第二阶段的两个阶梯.

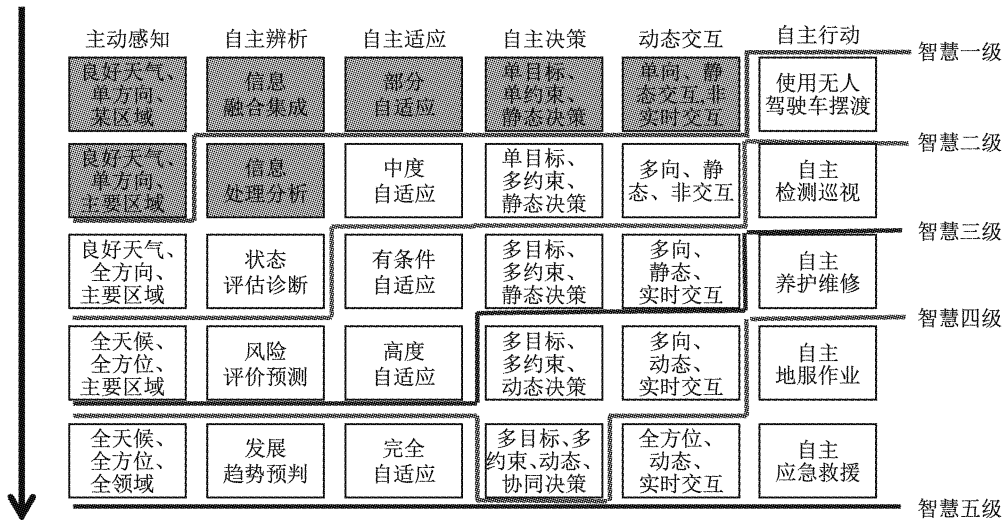


图 5 智慧飞行区分级

Fig. 5 Intelligence rating and evaluation system of smart airfield

4 智慧飞行区案例分析

智慧飞行区各项智能能力的实现需要依托具体的信息化技术,即在“网”(视频网、雷达网、通信网、定位网、供能网、终端网)、“平台”(GIS 平台、BIM (Building Information Modeling) 平台、信息交换平台、云平台)、“数据中心”、“功能系统”的支撑下,根据技术的成熟度分级分阶段实施.以华南某 4F 级民用运输机场为研究对象进行案例分析,该机场飞行区信息化水平处于全国前列.经过调研,该飞行区部署的应用系统主要包括:智能灯光系统、FOD 监测系统、机场周界安防系统、飞机泊位动态分配和路径引导系统、智能驱鸟系统、道面管理系统、场面监视

与控制系统、能源管理系统和地勤服务管理系统等.对各系统的应用情况进行分析,可知不同智能能力下飞行区表现的智慧度层级.

(1) 主动感知方面:场面监控、FOD 监测、鸟情监测逐步实现自动化,但监测精度、范围、应用场景受限;管养信息自动采集程度低,未实现全域覆盖,准确性待提高.主动感知方面处于智慧一级.

(2) 自动辨析方面:道面管理系统和能源管理系统实现多源信息的集成融合;对养护决策信息和能源调配信息进行初步信息处理和分析;管理系统间存在信息孤岛,缺少对安全事件的评估诊断.自动辨析方面达到智慧二级.

(3) 自主适应方面:地服保障管理较为传统,距灵活的资源调配尚有距离;飞机泊位动态分配和路

径引导系统正在完善,效率和安全性有待检验. 自主适应方面处于智慧一级.

(4) 自主决策方面:道面管理系统、地服管理系统等提升了决策的科学性,但以单目标、单约束、静态决策为主;场面运行安全依据空管员主观判断,存在潜在事故征候. 自主决策方面处于智慧一级.

(5) 动态交互方面:道面管理系统实现建养信息与管理人員交互,但信息采集和辨析存在滞后性,为单向、静态、非实时交互;安全事件处置以传统方式进行沟通和管理,全面性和准确性有待提高. 动态交互方面处于智慧一级.

(6) 自主行动方面:自主行动能力的实现需要人工智能、自动驾驶等技术进行驱动,还在理论研究阶段,基础评级为一级,可将这一块作为未来发展方向. 自主行动方面处于智慧一级.

综上所述,该机场飞行区各智能能力的实现情况,如图 5 灰色色块所示. 该飞行区智慧化建设水平已处于智慧一级;在自动辨析方面智慧程度更高,已达到智慧二级. 明确了该机场飞行区所处智慧层级之后,可对飞行区发展做进一步规划:短期内需要明确智慧飞行区的业务需求和运行目标,建立可靠的软硬件设施,构建统一的应用模块标准体系. 中期应科学管理应用模块,保障系统运行的安全耐久;建立智慧化分析决策机制,并拓展应用基础. 未来长期需要完善“网”、“平台”、“中心”和“功能系统”技术体系以及延伸各个基础网络;以统一标准连通内外部的应用,实现各类数据的互联互通;最终实现飞行区智慧化管理和运行.

5 结论

(1) 介绍了飞行区运行目标,对智慧飞行区基本要素和基本能力进行分析,基于此得出智慧飞行区的定义.

(2) 对未来飞行区智慧化技术进行分类、总结,明确智慧飞行区智能能力的具体技术内涵. 在此基础上,提出智能能力逻辑关系图.

(3) 为引导智慧飞行区智慧层级递进式发展,提出智慧飞行区智慧度分级与评价体系,并从两个维度进行层级划分. 维度一针对人和飞行区交互关

系,维度二针对该智慧层级下侧重实现的智能能力.

(4) 对华南某机场飞行区建设进行调研和分析,明确现阶段所处智慧层级,并依据该飞行区运行现状做出未来的发展规划.

参考文献:

- [1] 中国民用航空局. 2017 年民航行业发展统计公报[R]. 北京:中国民用航空局, 2018.
Civil Aviation Administration of China. Statistics bulletin of civil aviation industry development 2017[R]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2018.
- [2] 常华斌. 智能视频分析在智慧机场的应用思考[J]. 智能建筑与智慧城市, 2018(5): 93.
CHANG Huabin. Thinking on the application of intelligent video analysis in intelligent airport[J]. Intelligent Building & Smart City, 2018(5): 93.
- [3] 凌建明, 袁捷, 西绍波, 等. 上海机场道面管理系统研究与开发[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2005, 33(8): 1041.
LING Jianming, YUAN Jie, XI Shaobo, et al. On development of Shanghai Airport pavement management system[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2005, 33(8): 1041.
- [4] IRFAN M, KHURSHID M B, IQBAL S, et al. Framework for airfield pavements management—an approach based on cost-effectiveness analysis [J]. European Transport Research Review, 2015, 7(2): 1.
- [5] THAT D A, BUSKY T J. Interface device for low power led airfield lighting system: US20100045202[P]. 2010-02-25.
- [6] NAM T, PARDO T A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions [C] // International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times. [S.l.]: ACM, 2011: 282-291.
- [7] 杨佩坤. 智能交通[M]. 上海:同济大学出版社, 2002.
YANG Peikun. Intelligent transportation [M]. Shanghai: Tongji University Press, 2012.
- [8] ZHAO Hongduo, WU Difei. Definition, function, and framework construction of a smart road[C]//New Frontiers in Road and Airport Engineering. Reston: ASCE, 2015: 204-218.
- [9] 赵鸿铎, 朱兴一, 涂辉招, 等. 智能铺面的内涵与架构[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2017, 45(8): 1131.
ZHAO Hongduo, ZHU Xingyi, TU Huizhao, et al. Concept and framework of smart pavement[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2017, 45(8): 1131.
- [10] SAE International. Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles[R]. [S.l.]: SAE International, 2014.