

飞行成绩评定及管理系统

张建业¹, 李学仁², 倪世宏¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 空军工程大学 科研部, 陕西 西安 710068)

摘要:在飞行训练中,需要客观考核飞行员的飞行技术,监控飞行质量。依据训练大纲及某型飞机机载飞行参数记录仪的飞行数据,结合人工判分经验,研制开发了飞行成绩自动评定及管理系统。经大量飞行数据检验表明:该系统能对飞行成绩及相关飞行信息进行全自动管理,能快速、准确评定飞行成绩,评定时间为原来人工评定的十二分之一,并完全满足评定误差的要求。

关键词:飞行参数;飞行成绩;自动评定;信息管理系统;数据库

中图分类号:TP311.138 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)01-0070-04

1 飞行成绩评定系统总体介绍

进行飞行成绩评定的基础是机载飞行参数记录的飞行数据。首先通过分析飞行数据,确认误差率在规定范围之内,并对数据经过一定的平滑处理后,采用模糊数学、神经网络等人工智能技术完成飞行动作的自动识别^[1~2],形成飞行动作名称表和飞行动作数据等。飞行成绩的评定就是在此基础上展开的。

飞行成绩评定及管理系统主要具备以下功能:1)自动给出空中飞行成绩;2)自动给出每个动作的详细得分情况;3)自动统计管理飞行成绩;4)数据库维护;5)成绩及查询结果打印;6)通报相关飞行信息。该系统采用 Visual Foxpro3.0 语言编程,基于 Win98 操作系统开发,具有良好的人机界面、可操作性和可扩充性。

2 飞行成绩评定依据

飞行成绩评定的主要依据是有关的大纲、规定。此外,在设置评估动作和评估参数时征求了部分功勋飞行员和特级飞行员意见。在确立成绩合成方法时,征求了主管机关意见。由于目前还没有类似的研究报告^[3],文中飞行成绩评定的方案由本文作者提出,试用单位已利用该方案进行成绩评定,经大量飞行数据检验表明,该方案是可行的。系统流程见图1。

3 飞行成绩评定机理

3.1 数据库的建立

系统研制方案的确立主要基于飞行练习课目中各飞行动作的组织方式,考虑到各课目中飞行动作处于交集状态,为便于管理,将各课目飞行动作集中分类后,建立了一个飞行动作标准库 cjpgd.dbf。

该数据库的建立主要考虑飞行动作一般可划分为三个阶段,即进入段、保持段、改出段,各阶段评价飞行质量的飞行参数各有侧重,且在成绩评定时所占权重也有所不同,对应评估参数就有标准值及5、4、3分的误差值。目前库中涵盖的飞行动作有:30°盘旋、45°盘旋、60°盘旋、最大坡度盘旋、加力盘旋、15 m/s 升降转弯、30 m/s 升降转弯、俯冲跃升转弯、半滚倒转、斤斗、半斤斗翻转、横滚等仪表和复杂特技课目规定的飞行动作。

收稿日期:2000-07-05

基金项目:空装科研部科研基金资助项目(KJ97059)

作者简介:张建业(1971-),男,山西定襄人,讲师,硕士,主要从事飞行器导航与制导工程、计算机应用研究。

为配合成绩评定结果的输出,建立了 fccj. dbf 和 fccjl. dbf 两个数据库, fccj. dbf 记录了各飞行动作的详细得分情况, fccjl. dbf 记录了各飞行动作的起始与结束时间、空中成绩和评语。

为提高系统快速计算数据的能力及进行飞行成绩管理,建立 tofox. dbf 和 cjl. dbf 两个数据库。

3.2 成绩评定机理

根据飞行动作识别产生的飞行动作数据,以单值对应方式建立动作名称与动作数据的对应关系,其优点是飞行动作检索方便,与相应动作数据对应关系明确。在进行成绩评定时,首先根据动作名称表依次检索飞行动作库(为提高检索效率,一次性将检索到的动作相关字段放入内存),并由已检索到的其它字段划分判断条件。如:

```

DO CASE
  CASE 动作阶段 = '进入段'
    do case
      case 评估参数 = '高度'
        .....
      case 评估参数 = '速度'
        .....
    endcase
  CASE 动作阶段 = '保持段'
    do case
      case 评估参数 = '高度'
        .....
      case 评估参数 = '速度'
        .....
      case 评估参数 = '倾斜角'
        .....
      case 评估参数 = '升降率'
        .....
    endcase
  .....
OTHERWISE
ENDCASE

```

检索到飞行动作后,根据评估参数由上述对应关系打开相应飞行数据的数据库,获取该参数的数值。通过对各阶段评估参数值与标准值的误差得到该阶段该参数的分数^[4~5],评估参数分数合成后得到该动作分数,本次飞行中所有动作的分数合成为空中飞行成绩,起飞着陆成绩由指挥员根据目视观测结果确定,总成绩由起降成绩、空中成绩确定。在分数合成时,按照飞行大纲执行“有 3 不进 5,有 2 不进 4”原则,即本次飞行中有一个动作为 3 分或 2 分,总成绩不可评为 5 分或 4 分。

定义 设 Y_i 为飞行动作成绩,则有

- 1) $L1 = \{Y_i: 3 < Y_i \leq 5 | Y_i > 3\} \quad i = 1, 2, \dots, n$
- 2) $L2 = \{Y_i: Y_i < 5 | Y_i = 3\} \quad i = 1, 2, \dots, n$
- 3) $L3 = \{Y_i: Y_i < 4 | Y_i = 2\} \quad i = 1, 2, \dots, n$

则总成绩 $L = (L1)U(L2)U(L3)$ 。

由于成绩是基于单值比较方式得到,因此在确定与标准值进行比较的参数值时,需要分三种情况:一是对于进入段,根据飞行动作特征确定一个稳态值 X_i ,其响应特性曲线如图 2,图中 t_s 为调节时间,即进入段

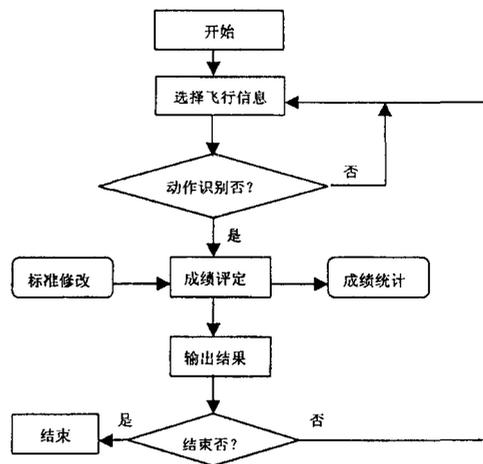


图 1 系统流程图

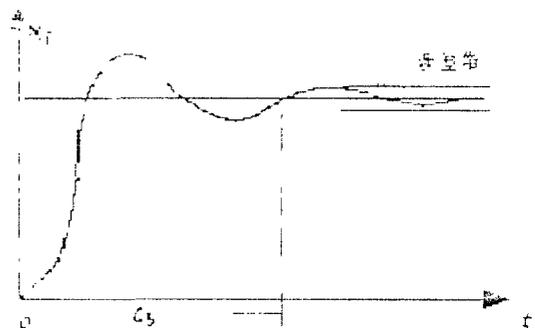


图 2 飞行动作状态参数保持曲线

的时间,因此把进入误差带的第一个数值作为进入点,即^[6], $Y = X_i \pm X_i * 5\%$ 作为评估参数的数值,式中取5%作为机动动作稳定时的稳态误差范围;二是对于保持段,主要参考飞行员守则中“十秒修正原则”,即在十秒内将保持参数修正到标准值时仍为5分,否则根据误差值分别为4、3、2分,并由最大误差确定一点作为该参数的数值;三是对于改出段,方法同进入段。表1是详细的动作评分结果。

表1 某飞机第一架次详细动作成绩

飞行动作	动作区段	评估项目	标准值	实际值	分数
坡度 45 度盘旋	进入段	高度	4 064.0	4 064.00	5.0
		速度	600.0	576.00	4.0
		航向	302.0	302.0	5.0
	保持段	高度	4 064.0	4 068.00	5.0
		速度	600.0	576.00	4.0
		倾斜角	45.0	44.00	5.0
	改出段	高度	4 064.0	4 060.00	5.0
		速度	600.0	584.00	5.0
		航向	302.0	301.0	5.0
15 米/秒下降转弯	进入段	高度	4 026.0	4 026.00	5.0
		速度	600.0	571.00	4.0
		航向	300.0	300.0	5.0
	保持段	升降率	15.0	15.00	5.0
		速度	600.0	567.00	3.0
	改出段	航向	120.0	121.00	5.0
		速度	600.0	567.00	3.0
		高度	3 026.0	3 073.00	4.0
	坡度 60 度表速 600 上升转弯	进入段	高度	2 090.0	3 073.00
速度			600.0	589.00	5.0
航向			122.0	122.00	5.0
保持段		斜角	60.0	57.00	4.0
		速度	600.0	576.00	4.0
改出段		高度	4 090.0	3 340.00	2.0
		速度	600.0	589.00	5.0
		航向	302.0	301.00	5.0
30 度俯冲跃升转弯		进入段	高度	5 032.0	5 032.00
	速度		500.0	504.00	5.0
	最低点	速度	900.0	858.00	2.0
	改出段	高度	5 032.0	4 944.00	3.0

在评定成绩时,经常要对升降率进行考核,然而某型飞机飞参并未记录该参数,因此采用间接方法得到该参数数值目前采用的方法有三种:一是对高度采用均方差,

$$V_y = \delta H = \sqrt{\sum_{i=1}^n (H_i - H_{i-1})^2 / n}$$

式中, V_y 为升降率, H_i 、 H_{i-1} 为根据记录数据的帧位确定的前后帧高度, n 为该动作区段数据总帧数。二是采用均值, $V_y = \delta H = (H_n - H_0) / n$

式中, H_n 为该区段中最后一帧的高度

值, H_0 为该区段中第一帧的高度值。三是采用 V 、 α 、 θ 来计算, $V_y = V \times \sin(\theta - \alpha)$ 。表2是飞行动作的得分情况。

表2 飞行动作得分

飞行动作	起始时间	结束时间	分数
坡度 45° 盘旋	00 : 06 : 53	00 : 09 : 26	5.0
坡度 45° 盘旋	00 : 09 : 46	00 : 12 : 07	5.0
坡度 60° 盘旋	00 : 15 : 25	00 : 17 : 10	4.0
坡度 60° 盘旋	00 : 17 : 40	00 : 19 : 09	4.0
15 m/s 下降转弯	00 : 21 : 43	00 : 22 : 58	4.0
15 m/s 上升转弯	00 : 23 : 15	00 : 24 : 33	4.0
15 m/s 下降转弯	00 : 25 : 22	00 : 26 : 31	5.0
15 m/s 上升转弯	00 : 26 : 45	00 : 27 : 58	3.0
30 m/s 下降转弯	00 : 28 : 51	00 : 29 : 57	3.0
坡度 60° 表速 600 上升转弯	00 : 30 : 19	00 : 31 : 24	3.0
30° 俯冲跃升转弯	00 : 33 : 29	00 : 36 : 33	3.0

4 影响飞行成绩评定准确性的因素及处理方法

理论分析和实际使用表明,影响飞行成绩评定准确性的因素主要有:一是飞参记录误差;二是飞行动作识别及其时间段的准确性。

飞参记录误差包括系统误差和随机误差两部分。系统误差有确定的规律,可采用修改参数数据库的方法消除;随机误差则采用修改评估参数误差门限的方法消除。飞行动作识别及其时间段的准确性可通过完善动作识别模型和时间段校正加以提高^[1],个别飞行动作也可通过手工方法来确定。

5 结束语

飞行成绩评定后,系统将结果自动送入成绩管理库,可实现成绩查询、修改、编辑,并可将查询结果打印输出。同时,还可将有关飞行信息送入数据库保存,实现飞行信息管理的自动化。为方便管理人员使用,系统提供了各种统计形式,如直方图、曲线图、折线图等,对定期分析飞行形势、提高飞行技术提供了有效的手段。

利用飞参记录的飞行数据实现飞行成绩的自动评定,拓宽了飞行数据的应用领域,目前还属于摸索阶段^[7]。由于飞参记录参数的限制,本系统对飞行中操纵柔和性等内容尚不能评定,但利用计算机进行飞行成绩自动评定和管理是必然趋势。

参考文献:

- [1] 雷洪利,张建业,张殿治.基于模糊综合神经网络及其在飞行参数处理中的应用[A].王剑琴,曹喜仁.WCICA'2000 第二卷[C].合肥:中国科学技术大学出版社,2000.940-943.
- [2] 贾沛璋,朱征桃.最优估计及其应用[M].北京:科学出版社,1984.
- [3] 郑亚宁.DMZ98 通用飞参地面处理系统[R].西安:陕西国际联机信息检索中心,1999.
- [4] 张友民,王培德,张洪才.估计理论在飞行数据相容性检验中的应用[J].航空学报,1992,13(7):398-402.
- [5] 曾小波.飞行数据误差与野值的剔除[J].飞行试验,1995,11(3):29-33.
- [6] 胡寿松.自动控制原理[M].北京:国防工业出版社,1984.
- [7] Nebylowitsch Mike. Developing flight data moitoring systems[A]. Maintaing safty into millennium;Proceedings of the Conference[C]. London:London,Royal Aeronautical Society,1997.1-11.

A kind of applied system for assessing and managing flying score

ZHANG Jian-ye¹, LI Xue-ren², NI Shi-hong¹

(1. The Engineering Institute, AFEU., Xi'an 710038, China;

2. Dept. of Science Research, AFEU. Xi'an 710068, China)

Abstract: It's necessary to check the flying technics of the pilot in the general flying training, so a system by which flying score could be assessed and managed automatically is discussed. It's development is done according to the flying data that are recorded by the airborne apparatus and the experience of judging manually. Lots of the flying data examinations show; this system can manage the flying score and the information concerned automatically, assess the flying score quickly and exactly, its assessing time is one twelfth of the manual time, and it can also meet the requirement of the error precision completely.

Key words: flight data; flying score; automatic assess; information manage system; data base