

舰载机飞行员着舰技能等级综合评定方法研究

赵维*, 杨长胜, 潘华

海军装备研究院 航空所, 上海 200436

摘 要: 介绍了国内外舰载机飞行员着舰技能评定方法发展现状, 分析了影响飞行员着舰技术评估的主要因素, 研究着舰技能等级评估标准及评估模型, 提出了一种基于模糊综合评判法的着舰技能等级评定方法, 全面考虑着舰指挥官评分、计算机评分、带飞教员评分、航医评分及飞行员自我评分等5种因素。综合得出最终评价结果, 该方法适用于筛选具备上舰条件的飞行员, 可为舰载机飞行员上舰资质认证提供一个更全面科学的参考指标, 具有较大的军事价值和应用前景。

关键词: 航母; 飞行员; 舰载机; 培训; 模糊数学

中图分类号: TP391.77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2016) 02-0037-05

在航母舰载机飞行员培训过程中, 受训飞行员的着舰技能评定是最为关键的一环, 它能及时发现和纠正受训飞行员的孤僻动作, 评估训练效果和分析飞行员成长趋势, 筛除不合格飞行员, 判定受训飞行员是否具备驾机着舰潜力, 以及最终评定该飞行员是否可以授予上舰资质。舰载机飞行员着舰技能的评定直接影响着飞行员培训进度及训练安全, 进而影响航母编队形成战斗力的进程。评定标准过严则会延长飞行员上舰前的陆基训练时间, 而评定标准过松则会在上舰过程中造成安全隐患。因此, 科学的评定方法对舰载机飞行员的培训工作起着非常关键的作用, 需要不断探索和总结, 最终建立科学的舰载机飞行员着舰技能评定体系。

1 国内外现状研究

按评定主体不同, 舰载机飞行员着舰技能评定方法可以分为基于测量数据的计算机客观评分和基于经验数据的着舰指挥官(LSO)主观评分2种, 按样本数目不同可分为单架次评分和一段时期的综合等级评定。美国海军舰载机飞行员培训经历了几十年的发展, 已形成非常成熟的舰载机飞行员培训体系, 美军在舰载机飞行员训练保障设施、培训理论、教员带教、训练成绩评定等方面都拥有无可比拟的经

验和优势, 尤其是拥有许多经验丰富的着舰指挥官, 因此, 其舰载机飞行员的培训效率很高。

目前, 我军舰载机飞行员的培训尚处于探索阶段, 上述各方面都是我军的弱项, 短期内难于改变, 对舰载机飞行员着舰技能的评定方法也处于不断完善过程中, 合格的着舰指挥官和具备上舰资质的舰载机飞行员都非常紧缺, 难于借鉴美军舰载机飞行员训练成绩评定方法。现阶段国内对舰载机飞行员单架次训练效果的评估标准和方法研究较为深入, 已取得了一定的研究成果, 但考虑的评估因素仍较少, 对飞行员的着舰技能综合评估方法研究较少^[1-2]。

2 评估因素分析

2.1 主要评估因素

相比于陆基飞机, 舰载机飞行员的训练成绩评估要复杂很多, 本文认为至少应考虑如下5种因素。

(1) 着舰指挥官评分

着舰指挥官一般由非常优秀的舰载机飞行员担任, 他们能根据自己的着舰经验, 科学地判断受训飞行员的着舰技能。因此, 着舰指挥官的评分应该是着舰技能评定的关键因素, 在最终成绩评定中应占有更多的权重。

收稿日期: 2015-11-15; 退修日期: 2015-12-14; 录用日期: 2015-12-21

*通讯作者。Tel.: 021-81857979 E-mail: plazhaowei@tom.com

引用格式: ZHAO Wei, YANG Changsheng, PAN Hua. Research on method for aircraft carrier pilot's landing skill grade comprehensive evaluation [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27(02): 37-41. 赵维, 杨长胜, 潘华. 舰载机飞行员着舰技能等级综合评定方法研究[J]. 航空科学技术, 2016, 27(02): 37-41.

(2) 基于客观数据的计算机评分

通过在舰载机上加装专用测试设备记录飞机的高精度定位数据、油门杆、迎角、空速等数据,或直接采用飞参记录设备的数据,并结合光电经纬仪、中心线相机、精密进场雷达等地面测试设备,可以精确地记录受训飞行员操作动作及飞机的状态信息,使用计算机对这些测量数据进行综合分析,可以得到一个较客观的评分。基于客观数据的计算机评分可以在一定程度上弥补我军着舰指挥官数目较少及经验不足的短板。客观数据评分可作为飞行员着舰技能评定的重要因素,但测量数据不可能完全正确,计算机评估模型的智能化程度有限,因此,不能完全依赖客观数据评分,在我国舰载机飞行员培训的初级阶段可以加大其在最终综合评分中的权重,但随着着舰指挥官经验的不断丰富,应逐渐降低其权重。

(3) 带飞教员评分

在舰载机飞行员培训过程中,一般都有教员在后舱带飞,后舱的教员能较好地观察和评估前舱受训飞行员在灯光引导控制、跑道中心线对准、下滑角控制、操作动作等情况,对整个飞行过程拥有最直观的感受,因此,带飞教员的评分应该是受训飞行员着舰技能评定的重要因素。

(4) 航医评分

舰载机飞行员的生理、心理素质对安全着舰有极其重要的作用,例如,有的受训飞行员在陆基模拟着舰训练时心理压力较小,可以较好地完成模拟着舰任务,但当其在航母上着舰时,可能因心理压力过大出现心跳急剧加快、操作不稳等问题,从而给着舰安全带来极大隐患;另外,在舰载机拦阻着舰时,飞行员所承受的过载非常大,少数受训飞行员可能出现晕厥、受伤等问题。如果出现上述情况,就必须重新评估该受训飞行员是否适于从事舰载战斗机驾驶工作。因此,通过给舰载机飞行员配戴生理、心理参数采集记录设备,由航医对舰载机飞行员着舰过程中的生理、心理状态进行评分,应作为舰载机飞行员着舰技能评定中的一个重要因素。航医在每架次飞行任务结束后,根据记录的受训飞行员的心率、血压、体温、脑电波、疲劳状况等生理和心理参数,对本次飞行进行评分或评级并记录。

(5) 飞行员自我评分

每次飞行结束后,飞行员根据飞行讲评情况,结合自己最近的生理和心理状态,对本次飞行进行打分。飞行员自我评分虽存在一定的主观性,但只有受训飞行员才最清楚自己最近的状态,以及当天能见度、侧风等主观和客观因素的影响,这些因素对着舰过程的影响可以由飞行员自己进行考虑,并在自我评分中剔除这些因素的影响。飞行员自我评分也应该是着舰技能

评定要考虑的一个较重要因素,但所占的权重应该稍小。

上述5个方面比较全面地考虑了影响飞行员着舰技能评定的主要因素,对这些因素进行综合评分的最简单方法是计算一段时期内这5种评分各自的平均值,并进行加权求和,该评定结果可作为舰载机飞行员训练成绩的一个重要参考。但航医的评价一般只适于给出“优秀”、“良好”、“及格”或“不及格”的等级评价,难于给出量化的评分,即使勉强给出量化的评分,可能会因为评分主观性过强,反倒影响最后综合评分的客观性;飞行员自我评分也存在很大的主观性,受训飞行员可能会为了早日取得上舰资质而将自我评分提高等。因此,采用经典数学或统计数学的方法评定着舰技能等级难度较大,且评定结果的客观性较差。

模糊数学是研究和处理模糊性现象的数学,是在美国控制论专家A. Zadeh教授于1965年提出的模糊集合(Fuzzy Set)基础上发展起来的一门新兴的数学分支,模糊数学在处理复杂系统特别是有人干预的系统方面简捷有力,某种程度上弥补了经典数学与统计数学的不足。本文提出一种基于模糊综合评判法的舰载机飞行员着舰技能等级的评定方法,该方法可以有效地降低训练评估中主观因素带来的干扰,通过分析一段时期内的各类数据,最终给出该飞行员着舰技能等级的综合评价^[3-7]。

2.2 评估标准

为方便演示本课题的评估方法,借鉴国外经验,将舰载机飞行员训练成绩打分标准作如下定义:

5分:表示非常好,舰载机的实际下滑道与理论下滑道非常接近,表现很完美,出现这种情况的概率极小;

4分:表示好,没出现大的偏差;

3分:表示及格,出现偏差,但能柔和修正;

2分:表示不及格,低于平均水平;

1分:表示复飞,在下滑过程中,由于飞行员控制不稳,出现较大偏差,或者出现可能引起不安全着舰的现象;

0分:表示危险,在着舰过程中,由于飞行员粗猛操作油门、驾驶杆,导致出现安全隐患;或存在可能导致不安全着舰的操纵习惯,如不听从着舰指挥官指挥等。

借鉴国外舰载机飞行员培训的经验,将飞行员训练成绩分优秀、良好、及格、不及格、很差5个等级,各等级对应的分数区间如下:

优秀:(4.5,5]

良好:(3.5,4.5]

及格:(2.5,3.5]

不及格:(1.5,2.5]

很差:[0,1.5]。

3 评估模型

3.1 模糊集合和隶属函数

在对飞行员进行评分时,可能会运用一些简单的模糊语言表达某些难于定量描述的问题。例如:该飞行员飞行技术很好,几乎每次都一次着舰成功;着舰指挥官引导着舰时,通知飞行员“向左一点点”;飞行员甲比飞行员乙心理素质要好得多等。

对于上面这些表述,计算机很难将这些模糊性表达用程序语言表述出来,也就是计算机很难理解这样的语言,类似于“很好”、“向左一点”、“太高”这类词汇表达的意思都不是明确。计算机需要给定非常明确的范围才能机械化地判断到底属于什么集合,比如前面定义的舰载机飞行训练成绩评分标准。

但是,当一个飞行员的成绩为2.51分时,刚好超过2.5分的及格线,如果由人进行主观的评定,考虑到舰载飞行的危险性,一般仍会将其划为“不及格”类,需要进行陆基模拟着舰训练。但如果将上述评分标准用计算机实现后,由计算机进行自动分类,那2.51就是属于“及格”类,这显然与人的主观评定结果不符,人类总习惯于发挥自己的主观能动性,以一个比较模糊的过界来划分类别。

该类问题比较适于采用模糊数学进行处理,模糊集合允许给元素分配一个近似隶属度,例如,可以使用如图1所示的模糊集合和梯形隶属度函数描述舰载机飞行员着舰技能评定标准。

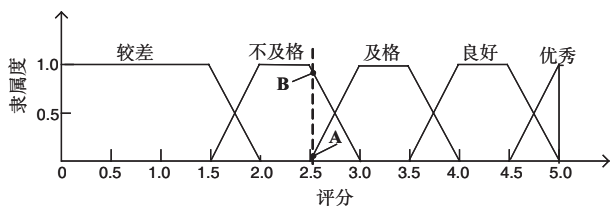


图1 评定标准隶属度函数示意图

Fig.1 The sketch map of evaluate standard membership function

图1中虚线描绘了评分为2.51分时,该飞行员隶属于“及格”集合的隶属度为0.02(A点所示),隶属于“不及格”集合的隶属度为0.98(B点所示),因此可以看出该飞行员隶属于“不及格”集合更多一些,评分为2.51的飞行员应属于“不及格”集合,暂时没有资格进行上舰训练,需要进一步接受陆基模拟着舰技能培训。这种基于模糊集合和隶属函

数的评定方法得到的结果符合人类思维,也易于在计算机上实现。

3.2 模糊综合评判法

采用模糊综合评价法来评定舰载机飞行员的着舰技能等级。模糊综合评价方法是应用模糊关系合成的原理,从多个因素对被评价事物隶属等级状况进行综合性评判的一种方法,其具体的步骤为:

(1) 确定被评判对象的因素论域 U :

$$U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (1)$$

(2) 确定评价等级论域 V :

$$V=\{v_1, v_2, \dots, v_m\} \quad (2)$$

(3) 进行单因素评判,建立模糊关系矩阵 R 。

(4) 确定评判因素权向量 $A=\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, A 是 U 中各因素对被评事物的隶属关系,它取决于进行评判时的着眼点,即根据评判时各因素的重要性分配权重。

(5) 选择评价的合成算子,将 A 与 R 合成得到:

$$B=\{b_1, b_2, \dots, b_m\} \quad (3)$$

$$\text{其中: } B = A \cdot R = (a_1, a_2, \dots, a_n) \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

$$b_j = (a_1 \cdot r_{1j}) + (a_2 \cdot r_{2j}) + \dots + (a_n \cdot r_{nj}), j = 1, 2, \dots, m$$

常用的模糊算子有 $M(\wedge, \vee)$, $M(\cdot, \vee)$, $M(\wedge, \oplus)$, $M(\cdot, \oplus)$ 。根据以往经验,用模糊算子 $M(\cdot, \oplus)$ 评价模型比较合理,该算子就是在计算 b_1 的过程中,用实数乘法 $\cdot$ 代替 $*$,用 $\oplus$ 代替 $+$,其中 $a \oplus b = \min(1, a + b)$ 。

(5)对模糊综合评价结果 B 作分析处理。设评定着舰技能等级的指标集为 $U=\{x_1, x_2, \dots, x_5\}$, x_1 表示为着舰指挥官评分, x_2 表示基于客观数据的计算机评分, x_3 表示带飞教员评分, x_4 表示航医评分, x_5 表示飞行员自我评分; V 表示定性评价的评价论域, $V=\{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\}$, $y_1, \dots, y_5$ 分别表示优秀、良好、及格、不及格、很差。为了充分利用受训飞行员已有数据,我们采用该飞行员全部(或某个时期)着舰训练飞行数据中指标对应评语的比例作为隶属度,此处用一组模拟的数据演示本评定方法,假设在100次飞行记录数据中,着舰指挥官评价“优秀”的次数为1次,良好为22次,则 (x_1, y_1) 隶属度为0.01, (x_1, y_2) 隶属度为0.22,其他依照此法计算,可得到某受训飞行员有序对 (x_i, y_j) 的隶属度如表1所示。

由此确定一个从 U 到 V 的模糊关系 R ,这个模糊关系的隶属度函数是一个 5×5 阶的矩阵,记为:

$$R = \begin{pmatrix} 0.01 & 0.22 & 0.41 & 0.35 & 0.01 \\ 0.01 & 0.27 & 0.45 & 0.26 & 0.01 \\ 0.02 & 0.25 & 0.45 & 0.28 & 0 \\ 0.03 & 0.31 & 0.56 & 0.05 & 0 \\ 0.05 & 0.32 & 0.49 & 0.14 & 0 \end{pmatrix}$$

表1 (x_i, y_j) 指定的隶属度
Table 1 The membership degree of (x_i, y_j)

指标集 U	评价论域 V				
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
x_1	0.01	0.22	0.41	0.35	0.01
x_2	0.01	0.27	0.45	0.26	0.01
x_3	0.02	0.25	0.45	0.28	0
x_4	0.03	0.31	0.56	0.10	0
x_5	0.05	0.32	0.49	0.14	0

则为一个单因素评判矩阵 R 。

为了综合评定受训飞行员着舰技能的等级,根据专家建议,取权值分配为:

$$A = (0.3, 0.35, 0.15, 0.1, 0.1)$$

得到:

$$B = A \cdot R =$$

$$(0.3, 0.35, 0.15, 0.1, 0.1) \cdot \begin{pmatrix} 0.01 & 0.22 & 0.41 & 0.35 & 0.01 \\ 0.01 & 0.27 & 0.45 & 0.26 & 0.01 \\ 0.02 & 0.25 & 0.45 & 0.28 & 0 \\ 0.03 & 0.31 & 0.56 & 0.10 & 0 \\ 0.05 & 0.32 & 0.49 & 0.14 & 0 \end{pmatrix}$$

用 $M(\cdot, \oplus)$ 算子计算,得到:

$$B = (0.0175, 0.261, 0.453, 0.262, 0.0065)$$

由计算结果可见,该受训飞行员的着舰技能等级综合评定结果为“及格”。通过适当调整权值,可以调整各评价论域,从而更加强调某个评价因素的重要性,如随着舰载机飞行员培训经验的增多,如果有了足够多经验丰富的着舰指挥官,则可以调高着舰指挥官评分对应权重,并相应调低其他因素权重,这样着舰指挥官评分将更多地影响最终着舰技能等级评定结果^[8-10]。

4 结论

本文提出了一种基于模糊综合评判法的舰载机飞行员着舰技能等级评定方法。文中提出的模型全面考虑了着舰指挥官评分、客观数据计算机评分、带飞教员评分、航医评分及飞行员自我评分等5个因素,并用一个示例演示了整个综合评定流程。该方法适用于筛选具备上舰条件的飞行员,或筛选不适于从事舰载机飞行的飞行员,可为舰载机飞行员上舰资质认证提供一个更全面科学的参考指标,具有较重大的军事应用前景和价值。

参考文献

- [1] Stout J A. To be a U.S. naval aviator[M]. USA: Zenith Press, 2005.
- [2] 中航工业发展研究中心, 海军装备部飞机办公室. 国外舰载机飞行员培训[M]. 航空工业出版社, 北京: 2009. Office of the Navy Equipment Department, Aviation Industry Development Research Center of China. Foreign carrier aircraft pilot training [M]. Aviation Industry Press, Beijing: 2009. (in Chinese)
- [3] 王敬敏, 王华伟. 基于层次分析法(AHP)的民航维修工程保障能力模糊综合评判[J]. 航空科学技术, 2009, 20(1): 28-30. WANG Jingmin, WANG Huawei. The fuzzy comprehensive evaluation of civil aviation maintenance support system based on AHP [J]. Aeronautical Science & Technology, 2009, 20(1): 28-30. (in Chinese)
- [4] 徐荣. 基于信息熵的教学模糊综合评价研究[J]. 安徽工程科技学院学报(自然科学), 2009, 25(4): 80-83. XU Rong. Fuzzy analysis based on information entropy in teaching evaluation [J]. Journal of Anhui University of Technology and Science (Natural Science), 2009, 25(4): 80-83. (in Chinese)
- [5] 郭强, 毕义明, 刘良. 模糊综合评判逆问题在导弹装备损伤评估中的应用[J]. 装备指挥技术学院学报, 2008, 19(1): 73-75. GUO Qiang, BI Yiming, LIU Liang. Application of contrary problem of fuzzy comprehensive evaluation in the missile equipment damage assessment [J]. Journal of the Academy of Equipment Command & Technology, 2008, 19(1): 73-75. (in Chinese)
- [6] CHEN S, Rashid A, B G Lee, et al. Composition ship collision risk based on fuzzy theory [J]. Journal of Central South University, 2014, 21(11): 4296-4302.
- [7] YAN W. Integration degree of tourism industry based on AHP-fuzzy comprehensive evaluation [J]. Ecological Economy, 2014, 10(2): 172-176.
- [8] ZHAO W, XIE X F, TU SH. Virtual soldier battle efficiency evaluation[C]. 2010 IEEE International Conference on Computer Application and System Modeling, 2010.
- [9] 张晓明. 基于粗糙集-AHM的装备制造业企业创新能力评价指标权重计算研究[J]. 中国软科学, 2014, 1(6): 151-158. ZHANG Xiaoming. Study on evaluation index weight of equipment manufacturing enterprises innovation capability based

on rough set and AHM [J]. China Soft Science, 2014, 1(6): 151-158. (in Chinese)

- [10] 焦利明, 杨建立. 一种确定指标权重的新方法[J]. 指挥控制与仿真, 2006, 28(1): 94-97.

JIAO Liming, YANG Jianli. A new method for calculating weights [J]. Command Control & Simulation, 2006, 28(1): 94-97. (in Chinese)

作者简介

赵维(1981—) 男, 博士, 工程师。主要研究方向: 航空综合保障、虚拟现实技术、航空救生、计算机测控技术等。

Tel: 021-81857979

E-mail: plazhaowei@tom.com

Research on Method for Aircraft Carrier Pilot's Landing Skill Grade Comprehensive Evaluation

ZHAO Wei*, YANG Changsheng, PAN Hua

Institute of Aviation Equipment, Naval Equipment Institute, Shanghai 200436, China

Abstract: Introduced the development of aircraft carrier pilot's landing skill evaluate method both at home and abroad, analyzed the main factors influencing pilot's landing skill evaluation, studied the landing skill evaluation standard and model, proposed a grade evaluate method based on fuzzy comprehensive evaluation, fully consider 5 kinds of factors including Landing Signal Officer grade, computer grade, flight instructor grade, aero-doctor grade, and pilot personal grade. Then, got the final evaluate result. This method is helpful for pick out the suitable aircraft carrier pilot's, it can offer a scientific reference for certificate carrier-borne aircraft pilot qualification and have greater military value and application prospect.

Key Words: aircraft carrier; pilot; carrier plane; training; fuzzy mathematics