

# 基于社会网络分析的模拟机训练影响要素研究

杨延延<sup>1</sup> 杨鹏宇<sup>2</sup> 屈士莹<sup>1</sup> 王黎静<sup>3\*</sup>

(1. 上海飞机客户服务有限公司, 上海 200241; 2. 上海飞机设计研究院, 上海 201210; 3. 北京航空航天大学, 北京 100191)

**摘要:** 转机型模拟机培训时间是航空公司选购新飞机的重要参考信息之一。了解影响转机型模拟机培训时间的因素, 有助于飞机设计方更有针对性地进行设计开发。在当前尚未进行相关研究的情况下, 通过对转机型模拟机培训资料的分析, 基于数据构建和关系分析维度, 识别并提出了将社会网络分析法应用于挖掘转机型模拟机培训时间影响要素的可能性。在研究的最后阶段, 以 A330 转机型 A320 模拟机培训科目的影响要素挖掘为例展开应用, 旨在验证社会网络分析方法在转机型模拟机培训时间影响要素挖掘方面的可行性。通过对各项要素进行分析, 研究人员可以更好地理解转机型模拟机培训时间的变化和影响因素, 为今后开展相关研究提供了方法基础。通过进一步研究和探索, 可以深入挖掘和分析转机型模拟机培训时间的各种影响因素, 并为航空公司和飞机设计人员提供更全面和准确的信息, 以支持飞机购买和培训决策的制定, 对航空行业的发展和提高飞行安全性具有重要意义。

**关键词:** 社会网络分析; 转机型模拟机培训; 飞行员培训时间; 影响要素

中图分类号: V323

文献标识码: A

OSID:



## 0 引言

在保证训练质量的前提下, 通过减少模拟机训练时间来降低模拟机培训成本是航空公司运营的目标之一<sup>[1-2]</sup>。相比循证培训 EBT<sup>[3-4]</sup>、基于能力的培训 ATQP<sup>[5]</sup>等新型培训理念带来模拟机训练时间的减少, 减少飞机本身要求的培训内容是飞机设计单位可实现的设计目标, 尤其是当其设计飞机与先前飞机具备较大的相似性时, 持有原型别执照的飞行员在进入新型别飞机的培训时可以大大缩短培训时间<sup>[6-7]</sup>, 因此减少转机型模拟机培训时间的设计是飞机设计单位为提高飞机市场接受度需要考虑的重要因素之一。

围绕此因素, 可对转机型模拟机培训课程的正向设计展开分析, 建立课程设计与飞机设计要素的联系, 识别降低转机型培训时间的关键设计; 也可通过对空客、波音等已被证明有效减少转机型模拟机培训时间的课程及其产品展开实证研究, 挖掘其

转机型模拟机培训时间的影响因素<sup>[8-11]</sup>。然而, 目前上述两项工作均无相关公开资料, 而后者基于现象数据挖掘的方式, 无需如前者那般需要同时掌握飞机设计与课程设计的专业性的要求, 因而更具实现的可行性。

当前空客、波音转机型模拟机培训资料表现为转机型模拟机培训大纲, 对转机型模拟机培训大纲中的信息进一步分析可以发现, 培训大纲中记录的文本数据在开展量化分析时首先需要进行文本数据转化工作。其中课程编号、科目内容、科目动作等对转机型培训时间影响要素可能存在重要关联的文本数据在大纲中呈现为有结构的关系网络数据, 通过对网络数据的分析识别转机型模拟机培训存在的特点。这与社会网络分析中的基本数据格式及应用范围一致<sup>[12]</sup>, 因此本研究假设社会网络分析法能够有效应用于转机型模拟机培训时间影响要素的挖掘工作。

本研究在当前尚未开展转机型模拟机培训时

\* 通信作者. E-mail: wanglijing@buaa.edu.cn

引用格式: 杨延延, 杨鹏宇, 屈士莹, 等. 基于社会网络分析的模拟机训练影响要素研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2023(3): 147-152. YANG Y Y, YANG P Y, QU S Y, et al. The influencing factors of simulation machine training based on social network analysis method[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2023(3): 147-152 (in Chinese).

间影响要素挖掘相关研究的条件下,计划通过对转机型模拟机培训大纲的资料分析结合社会网络分析方法的介绍,阐述社会网络分析方法于转机型模拟机培训时间影响要素挖掘的可能性,并将通过示例进一步对其展开证明,为今后开展转机型模拟机培训时间影响要素的挖掘工作提供方法与思路基础。

## 1 社会网络分析法于转机型模拟机培训时间影响要素挖掘的应用

### 1.1 转机型模拟机培训时间影响要素挖掘问题分析

挖掘转机型模拟机培训时间的影响要素,需要收集转机型模拟机培训时间标注、识别影响转机型模拟机培训时间的可能因素并建立时间标注与因素间的关系模型。对于前者而言,转机型模拟机培训时间标注应具备数据样本量足够大且时间数据具有一定方差的特性<sup>[13]</sup>;受当前得到局方认可的转机型课程数量有限导致整机转机型模拟机培训数据样本量较少的影响,在收集转机型模拟机培训时间标注时应对整机训练时间加以分解,得到合适层级的时间标注数据。对于后者而言,当前研究常使用的方法包括假设研究及数据挖掘两大类,在假设研究中通过专家访谈、定性分析识别可能的影响因素,建立因素与标注间的假设关系,通过因子分析、相关分析、回归分析等统计建模方法验证假设关系的统计学意义;在数据挖掘中,通过对当前收集到的所有数据进行规律寻找,从数据库中基于关联分析、聚类分析、分类分析等揭示出隐藏的、先前未知并具有潜在价值的信息。在当前转机型模拟机培训时间影响要素挖掘研究较少的情况下,建立假设分析与构建数据库同等需要。

### 1.2 转机型模拟机培训相关数据表示分析

当前转机型模拟机培训时,培训端对应的材料包括转机型模拟机培训大纲及转机型模拟机训练时学员应具备的知识来源手册《飞行机组使用手册》(flight crew operating manual,简称 FCOM)、学员应参考的具体操作来源手册《飞行机组训练手册》(flight crew training manual,简称 FCTM);设计端当前尚无明确的对应资料,可通过对转机型模拟机培训的详细分析索引对应的设计数据。转机型模拟

机培训大纲中的信息包括课程目的、训练内容、训练熟练程度的判断标准、训练的环境条件、学员 1 与学员 2 的训练科目及对应的操作方式,所有的数据都紧密围绕课程展开;一节课程为一个单位,在该单位中训练目的、训练内容等信息呈现出结构性,所有的单位结构相同,因此在对转机型模拟机培训大纲的文本数据表示时可采用结构化网络数据来表示。对于 FCOM 及 FCTM 中的文本数据也是如此,长篇的文本数据在分析时应首先以培训科目为中心,索引对应的文本数据。因此在转机型模拟机培训相关数据的表示中,结构化的网络数据呈现是分析的基础。

### 1.3 社会网络分析法于转机型模拟机培训时间影响要素挖掘的应用分析

社会网络分析方法是根据数学方法、图论等发展起来的定量分析方法,主要用于分析网络的关系结构及其属性,可以对各种关系进行精确的量化分析,目前已发展出完善的理论体系及实用工具。在社会网络分析中,“节点”与“关系”是最重要的两个核心概念:“节点”指的是行动者,可以是活动者、也可以是活动者所属的组织或参与的事件等,例如个人、课程都可以是网络中的点;“关系”指的是节点间存在的联络,各个“节点”是通过各种“关系”联系在一起的,例如研究中常见的两个人节点间的互动关系、两单位节点间的物资交流关系、个人节点与协会节点间的隶属关系等。基于“节点”与“关系”,社会网络分析中的数据主要表现为“属性数据”与“关系数据”。

“属性数据”是研究对象的内在特点,其中研究对象可以是“节点”也可以是“关系”,例如表 1 中表示了张三、李四、王五三位行动者的职业与单位属性。“关系数据”是行动者系统的属性,表达了行动者之间的关联。从数据形式上,“关系数据”主要包括“行动者-行动者”数据和“行动者-事件”数据。表 2 表示表 1 中三位行动者间的认识关系,表 3 表示表 1 中三位行动者所在单位的关系。表 2 中李四行-张三列为 1 而张三行-李四列为 0 意味着李四认识张三而张三不认识李四,因此方阵数据能够体现行动者间关系的方向性。表 3 说明张三受聘于两家单位,而李四和王五分别受聘于一家单位,实际上表 3 数据所表达的内涵与表 1 中的单位属性信息一致。因此,在社会网络分析中需要依

据不同的研究目的构建不同的数据表示方式,且可以依据现实条件将易获得的数据类型转化为需要的数据类型。

表1 社会网络分析中属性数据示意

姓名	职业	单位
张三	飞行员	飞机设计院、课程研发公司
李四	飞机设计工程师	飞机设计院
王五	培训课程研发工程师	课程研发公司

表2 社会网络分析中“行动者-行动者”关系数据示意

	张三	李四	王五
张三	—	0	1
李四	1	—	0
王五	1	0	—

表3 社会网络分析中“行动者-事件”关系数据示意

	飞机设计院	课程研发公司
张三	1	1
李四	1	0
王五	0	1

基于数据,社群图法和矩阵代数法可用于展开对社会网络的描述。在社群图法中,依照“节点”与“关系”,可采用“点”与“边”的方式对社会网络进行可视化,例如,倘若关系数据中不仅是1、0数据,而是有等级的数据,则可以使用线条的粗细、颜色深浅等进行关系的表示,例如图1(a)是表2数据的社群表达,图1(b)线条的粗细表示认识的时间,越粗表示越早认识。

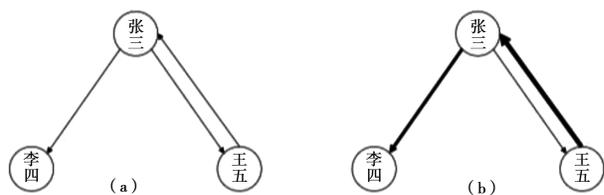


图1 社会网络分析社群图法可视化示意

在矩阵代数法中,通过将“节点”与“关系”的数据按照矩阵的形式进行存储,可开展基于矩阵的多种运算,例如矩阵的重排可用于寻找网络中的凝聚子群、派系,矩阵的相似可用于判别网络的相似度等。

基于社群图法对数据进行可视化能够清晰

直观的做出网络定性描述,提出研究的假设;基于矩阵的定量分析可获得网络的定量关系,实现量化研究。基于上述转机型模拟机培训相关数据表示的分析可知,从数据结构上,转机型模拟机培训数据可以以各科目为节点构建科目-课程编号的社会网络、科目-科目索引的FCOM及FCTM知识的社会网络等,按照网络的形式对数据进行更清晰的梳理;基于社群图法,可清晰地展示当前转机型模拟机培训存在的特点;基于矩阵分析,可获得转机型培训中的重要科目、核心知识及操作等信息,可以识别转机型培训中的核心影响要素。因此,社会网络分析方法于转机型模拟机培训时间影响要素挖掘的研究中可应用于结构数据的表达上、也可以用于关系的定性与定量分析上。

## 2 基于社会网络分析方法的转机型模拟机培训科目频率影响要素挖掘

本部分以A320为基本型别飞机,示例使用社会网络分析方法来探讨A330 STC A320(STC:shorten transition course,缩短时间的转机型课程)的科目时间影响要素。研究中使用社会网络分析方法对结构数据进行矩阵表达,并基于网络可视化识别重要的培训科目、建立转机型培训时间影响要素的假设。研究资料为某航空公司的A320初始模拟机培训科目清单及A330 STC A320的模拟机培训科目清单,2份模拟机培训清单均为2020年版本(当前最新版)。

### 2.1 基于社会网络分析方法的转机型模拟机培训数据表达

在转机型模拟机培训时间影响要素挖掘中,首先以培训科目、培训编号为节点,探讨各科目在转机型培训与初始培训中的频率表现情况。对收集到的模拟机大纲按照当前易得的培训类型、课程编号及科目内容进行矩阵数据录入,形成二模边列表属性数据,录入格式如表4所示;接着考虑科目名称受场景及编制人员的主观命名随机性影响、相同内容的培训科目可能对应不同的科目名称,因此对上述二模边列表数据转化格式,形成二模边列表关系数据;在二模边列表关系数据的基础上,识别命名不同的科目,合并同类项,形成新的二模边列表关系数据如表5所示,即获得转机型模拟机培

训时初始培训与转机型培训的所有科目及科目在课程安排中的分布数据。本研究中共计录入 255 个 A320 初始模拟机培训科目 (INI320), 73 个 A330 STC A320 模拟机培训科目。对具有相同含义但表述不一致的科目进行统一化命名, 并且删除如“起飞”、“正常启动发动机”等非科目数据后, 最终得到 105 个独立科目。

表 4 模拟机科目二模边列表属性数据表达示例

科目	课程编号	课程类别
驾驶舱准备	1	INI320
发动机启动/启动后	1	INI320
滑行	1	INI320
起飞	1	INI320
.....		
滑行	31	STC320
起飞(侧风)	31	STC320
目视起落	31	STC320
终止着陆(低于 30 英尺)	31	STC320
.....		

表 5 模拟机科目边列 2 模矩阵关系数据表达示例

科目	1	2	3	4	15	16	31	32	33	34
ILS 进近	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0
V1 后一台发动机失效	0	0	0	0	.....	0	0	0	0	1
侧风起飞	1	0	0	0	.....	0	0	0	0	1
.....										
FMGC 2 失效	0	0	0	0	.....	0	0	0	0	0
ILS 进近: 备用法则	0	0	0	0	.....	0	0	0	1	1
ILS 进近: 备用法则 无襟翼	无	0	0	0	.....	0	0	0	1	0
.....										

基于获得的社会网络关系数据, 可以对各个科目在培训类型中出现的频率进行统计。对 105 个初始科目进行分析, 各科目的频率分布如表 6 所示。可以看出, 大部分科目在初始培训中仅出现 1 次或 2 次。

表 6 科目于初始培训中的频率分布

科目在初始课程中出现的频率/次	7	6	5	4	3	2	1
科目数/个	7	2	1	2	7	20	66
该频率科目占比	6.67%	1.90%	0.95%	1.90%	6.67%	19.05%	62.86%
该频率科目累计比例	6.67%	8.57%	9.52%	11.42%	18.09%	37.14%	100.00%

对 26 个在 STC 课程(转机型课程)中出现的科目进行频率分析, 结果如表 7 所示。可以看出, 1 门课程最多培训 3 次, 并且同样是仅培训 1 次的科目较多。

表 7 科目于 STC 培训中的频率分布

科目在 STC 课程中出现的频率/次	3	2	1
科目数/个	4	3	19
该频率科目占比	15.38%	11.54%	73.08%
该频率科目累计比例	15.38%	26.92%	100.00%

### 2.2 基于社会网络可视化的转机型模拟机培训时间影响因素假设

采用颜色标记课程出现的次数, 由蓝色过渡至红色, 分别表示课程出现的频率由低至高, 从图 2 的社会网络可视化结果中可以看出: 经常出现的科目(连线为红色部分), 通常也在 STC 课程中出现, 因此本部分研究通过社会网络的社群图法建立假设: 转机型模拟机培训时间的影响要素之一为初始培训频率。

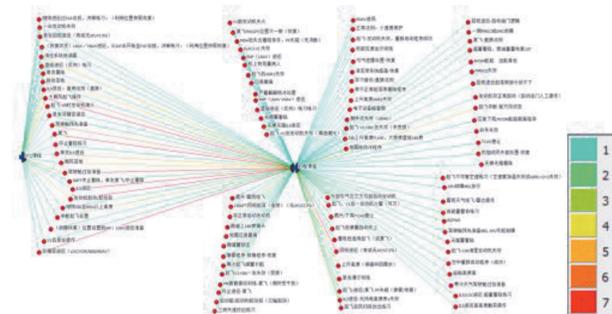


图 2 培训科目网络热图

### 2.3 基于假设的影响因素挖掘

通过社会网络可视化分析建立了转机型培训时间受初始培训频率影响的假设, 本部分对 STC 培

训频率与初始培训频率开展 Kendall tau-b 相关分析,结果显示, $P < 0.01$ , Kendall's tau-b = 0.381(数字0),科目在STC中的培训频率与初始培训频率低度相关。说明STC课程时间与初始培训频率确实存在关系,不过还有别的影响因素,需要进一步挖掘。

表8 初始科目频率与STC科目频率相关分析结果

相关性	肯德尔 tau_b	
	初始培训中科目出现的频率	STC训练中科目出现的频率
相关系数	1.000	.381**
显著性(双尾)		.000
N	105	105

注:\*\*.相关性在0.01级别显著(双尾)。

### 3 结论

1) 本研究通过对转机型模拟机培训资料及社会网络分析方法的分析,说明社会网络分析法可应用于转机型模拟机培训时间影响要素挖掘研究中。基于社会网络分析法,可实现转机型模拟机培训资料的数据表达,并通过社群图法实现转机型模拟机培训现象的可视化、通过矩阵分析实现转机型模拟机培训时间影响要素的定量化研究。

2) 本研究通过A330 STC A320的示例研究,完成社会网络数据的表达及基于社群图法的可视化,通过定量分析说明转机型模拟机培训时间影响要素之一是科目的初始培训频率。

3) 本研究当前仅对社会网络分析方法的基础部分进行应用,今后应进一步开展转机型模拟机培训相关资料的网络数据表达,结合社会网络分析挖掘更多影响因素、构建全面的模型。

#### 参考文献:

- [1] 邱大朋,贺晟. 夯实安全基础 降低培训成本 助力企业发展 厦航巨资打造模拟机训练中心[J]. 空运商务,2009(14):44-45.
- [2] 刘燕. 我国飞行员培训市场的SWOT分析与对策研究[D]. 北京:外交学院,2014:39-40.
- [3] International Civil Aviation Organization(ICAO). Manual of evidence-based training: Doc 9995-AN/497[S].

[S. 1.]: International Civil Aviation Organization, 2013.

- [4] 田伟,张弘,高英超,等. 民航改革经验对军事飞行学员培养的借鉴启示[J]. 教练机,2021(1):9-15.
- [5] Civil Aviation Administration. Alternative training and qualification programme(ATQP)[S]. UK: CAA Standards, 2013.
- [6] 中国民用航空局. 缩减时间的转机型课程和混合机队飞行:AC-121-FS-2019-25R1[S]. 北京:中国民用航空局飞行标准司,2019.
- [7] 中国民用航空局. 飞行训练中心合格审定规则:CCAR-142[S]. 北京:中国民用航空局飞行标准司,2004.
- [8] Airbus. Cost-saving and better training due to A350 XWB commonality[N]. Airbus Technical Magazine: Flight Airworthiness Support Technology(FAST), 2013-06.
- [9] Airbus. A330neo cockpit - Commonality with A350 innovations[EB/OL]. (2021-11-22)[2023-5-17]. <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/wide-body-aircraft/a330neo-cockpit-commonality-with-a350>.
- [10] NEVILLE R, DEY M. Innovative 787 flight deck designed for efficiency, comfort, and commonality[EB/OL]. Shannon Myers, 2012. [2023-5-17]. [https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012\\_q1/3/](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q1/3/).
- [11] DEBBY A. Similarities between 777, 787 help airlines, passengers and Boeing[EB/OL]. (2005-09)[2023-5-17]. [https://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2005/september/i\\_ca1.html](https://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2005/september/i_ca1.html).
- [12] 刘军. 社会网络分析导论[M]. 北京:社会科学文献出版社,2004:125-126.
- [13] 孙凤. 临床研究常用统计分析方法:SPSS实例教程[M]. 北京:科学出版社,2020:56-57.

#### 作者简介

杨延延 男,硕士。主要研究方向:飞行技术。E-mail:dicky21@aliyun.com

杨鹏宇 男,硕士,工程师。主要研究方向:驾驶舱人为因素设计与验证。E-mail:yangpengyu@comac.cc

屈士莹 女,硕士。主要研究方向:飞行训练课程开发。E-mail:qsyxy@163.com

王黎静 女,博士,副教授。主要研究方向:人机工效。E-mail:wanglijing@buaa.edu.cn

## The influencing factors of simulation machine training based on social network analysis method

YANG Yanyan<sup>1</sup> YANG Pengyu<sup>2</sup> QU Shiyang<sup>1</sup> WANG Lijing<sup>3\*</sup>

- (1. Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd, Shanghai 200241, China;
2. Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China;
3. BeiHang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** The duration of transition simulator training is one of the important reference information for airlines to purchase new aircraft. Understanding the factors that affect the duration of transition simulator training can help aircraft designers to carry out more targeted design and development. In the absence of relevant research at present, this study identifies and proposes the possibility of applying social network analysis method to explore the factors that affect the duration of transition simulator training through analysis of transition simulator training data, based on data construction and relationship analysis. In the final stage of the research, we verify the feasibility of social network analysis method to explore the factors that affect the duration of transition simulator training, taking the example of Airbus A330 to Airbus A320 simulator training subjects. By analyzing various factors, researchers can gain a better understanding of the changes and influencing factors of training duration for transition simulators. This study provides a methodological foundation for future research. Through further research and exploration, the various influencing factors on training duration for transition simulators can be deeply explored and analyzed and more comprehensive and accurate information can be provided for airlines and aircraft designers to support decision-making in aircraft purchase and training. This is of great significance for the development of the aviation industry and the improvement of flight safety.

**Keywords:** social network analysis; transition simulator training; pilots training duration; influencing factors

---

\* Corresponding author. E-mail: wanglijing@buaa.edu.cn