

文章编号: 1005-0523(2019)04-0057-10

中国民航客运市场需求预测的系统动力学模型研究

沈静瑶, 曾小舟, 邬国祥

(南京航空航天大学民航学院, 江苏 南京 211106)

摘要: 民航运输发展所需基础投资建设周期长、投资大、专属性强, 固定投资数量应与民航发展阶段规模相匹配, 科学的需求预测是合理规划民航基础建设和机队建设的基础。运用系统动力学原理, 分析航空客运需求内外影响因素, 建立中国民航客运市场需求预测的系统动力学模型, 因素考虑更加全面, 精度提升明显。运用所建模型, 基于我国经济社会发展水平, 预测我国航空客运需求量将于2024年左右达到10亿人次。民航客运市场需求系统动力学模型, 对于派生的民航运输长期需求预测与分析, 具有普遍适用性和长效性。

关键词: 交通运输规划; 航空客运市场; 系统动力学; 需求预测

中图分类号: [U8]; F56

文献标志码: A

市场预测是制订发展战略的决策基础, 是民航基础建设的依据, 中国民航客运市场的需求预测研究对中国民航持续有效发展至关重要。早期国内外对于民航客运市场的预测研究集中于预测方法和工具, 近年来趋于提高预测精度, 主要研究理论和方法包括时间序列法(Yin Y 等人^[1], 2016; Bisht K 等人^[2], 2016; 张培文等人^[3], 2013)、多元回归分析法(Yang Yanming 等人^[4], 2018; 刘夏等人^[5], 2017; 张桥艳等人^[6], 2016)、灰色预测法(刘夏等人^[7], 2017; Chen Y 等人^[8], 2016; 黄赶祥^[9], 2016)、重力模型法(Dombalyan A 等人^[10], 2017; 张亚平等^[11], 2016)和神经网络(Constantino H A 等人^[12], 2016; 朱倩^[13], 2014)等。

以上方法虽然成熟, 却也存在弊端, 综合来说: ① 未从系统、综合和动态的角度考虑不同因素对航空运输市场的影响; ② 未考虑系统内的动态反馈关系; ③ 是建立在已有数据基础之上, 针对现有发展水平和趋势数据的外推。

系统动力学能够很好地解决系统性问题, 反映系统内各个元素之间的动态反馈关系, 不是基于自身历史数据的外推, 符合民航运输派生需求特点。除了解决基本需求预测问题以外, 还可以通过改变模型的结构或参数值, 预测内外环境变化引起的我国民航未来发展的变动趋势, 表现出该方法的普遍性和长效性优点。

1 研究方法

系统动力学方法是一门分析研究信息反馈系统的学科, 具有系统性、整体性、全面性和动态性等显著优势, 特别适用于派生和长期需求的预测分析。国内外将其应用于运输需求预测的研究不多(郑钧元^[14], 2017; 任新惠等人^[15], 2015; 王晚香^[16], 2014; Suryani E 等人^[17], 2010)。

收稿日期: 2019-01-01

作者简介: 沈静瑶(1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向为交通运输经济与市场分析。

通讯作者: 曾小舟(1965—), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为交通运输规划与管理。

系统动力学解决问题的主要步骤如下:

- 1) 系统分析:明确模型目标,初步划定边界,确定待解决问题、关键变量及其定义,确定时间周期并动态表征问题,以便理解和设计解决问题的策略。
- 2) 结构分析:分析系统总体与局部的反馈机制,划分系统层次与子块,确定系统回路及回路间的反馈耦合关系。开发因果循环图来解释变量之间的因果关系,并将因果循环图转换为系统流程图。
- 3) 建立数学规范模型:建立变量间的定量关系式,即动态方程,确定和估计参数与初始条件。
- 4) 模型检验与评估:将模型的仿真结果与实际值比较,判断所建模型是否符合实际情况。
- 5) 模拟政策分析:通过修改结构和参数进行情景开发,研究在不同情景下,各因素会导致模型目标如何变化。

本文采用系统动力学思想,首先,从外部和内部分析我国民航客运市场需求的主要影响因素,确定构建系统动力学模型的影响因子。然后,分析航空客运市场系统内的因果关系,构建因果反馈回路图。接着,通过建立系统流图和 DYNAMO 动态方程,构建航空客运市场需求预测的系统动力学模型,并验证模型有效性。最后,分析预估未来环境下的模型参数值,运行模型,预测未来我国航空客运市场需求量和变动趋势。

2 模型影响因子分析

根据运输经济理论,运输需求具有派生性,短期除受自身运输特性影响外,长期主要依附外界社会经济生产活动。在分析航空需求影响因素时,应综合考虑外部和内部两方面因素。外部因素中,主要考虑经济、人口、居民消费水平,以及空铁竞争等因素。影响航空客运需求的内部因素主要包括机票价格因素和服务水平因素。

2.1 外部因素

2.1.1 经济因素

航空运输需求为派生需求,与社会经济发展息息相关,国家和地区的经济实力越强,对民航运输需求的刺激和促进作用越大。地区生产总值是地区综合经济实力的宏观表现,是民航运输派生需求的重要宏观经济指标。直接影响民航运输需求的产业结构、运输发展基础等因素,与国民经济二三产业息息相关^[18]。通过对近 10 年历史数据^[19]的相关性分析得到,航空旅客运量与国内生产总值的相关系数为 0.979 1,与二三产业产值的相关系数为 0.983 8(如图 1),可见地区二三产业总产值对航空客运市场需求的影响更大。因此,航空运输经济影响因素选取“二三产业产值”指标作为模型影响因子代表。

2.1.2 人口因素

人是民航旅客运输的需求来源、服务对象和消费主体,人口总数是民航客运量最直接的影响因素,基数越大,对应客运市场需求就会越多。由我国 10 年人口数量与航空旅客运输量历史数据^[19]相关性分析可知,航空旅客运量与人口总数的相关系数为 0.985 1,与城镇人口的相关系数为 0.977 1(如图 2),可见人口总量对航空客运市场需求的影响更大;因此,航空运输人口影响因素选取“人口总量”指标作为模型影响因子代表。

2.1.3 居民消费水平

随着经济发展和科技进步,可支配收入提高,人民生活水平提高,外出旅游、消费增多。人们出行多会选择舒适、便捷、快速的航空运输,特别是长途行程。边际消费倾向能够很好地反映人们的消费观念和消费倾向的变化,其值等于消费增加量与可支配收入增减量之比,意义在于每增加或减少一个单位的可支配收入时消费的变动情况。边际消费倾向越大,表明人们的消费倾向越强,反之越弱。因此,居民消费水平影响因素选取“边际消费倾向”指标作为模型影响因子代表。

2.1.4 空铁竞争因素

我国高铁网络的日益完善,时速提高,对民航中短程市场产生了巨大冲击。高铁在中短途客运市场的竞争与航空客运市场需求呈现出负相关关系,空铁竞争越激烈,民航运输的分担率越低。一般来说,500 km 以

内高铁对民航的冲击会达到50%以上,500~800 km 高铁对民航的冲击能达到30%以上,1 000 km 的影响将减弱到20%左右^[6]。因此,研究应当考虑空铁竞争方面的影响。

运用加速度原理,设置“高铁客运边际增长量”来量化高铁客运对民航客运市场的分流影响程度大小。该指标描述了高铁客运增长的速度,数值越大,表明高铁的吸引力增强,对民航的竞争影响越大。

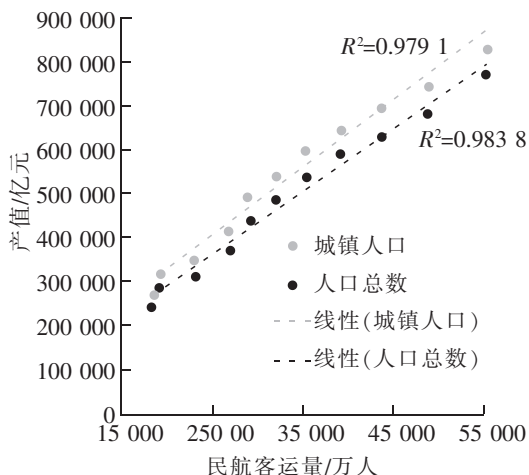


图1 民航客运量与国家经济的相关性分析

Fig.1 Correlation analysis between civil passenger traffic and national economy

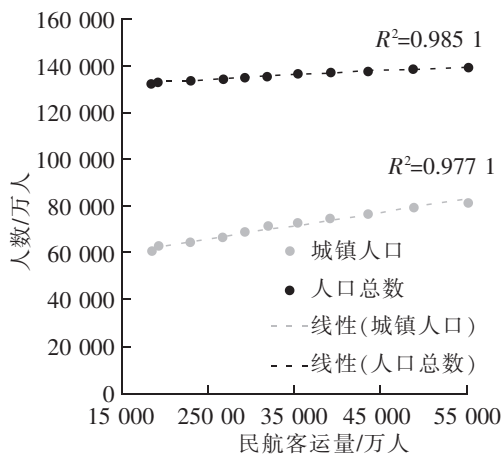


图2 民航客运量与人口的相关性分析

Fig.2 Correlation analysis between civil passenger traffic and country's population

2.2 内部因素

2.2.1 机票价格因素

在其他条件不变的情况下,机票价格与市场需求量负相关,票价越高,需求量越少,反之越多。

我国的机票定价目前尚以成本定价为主。然而,随着科技不断发展,新材料、新设备、新系统等越来越普遍地应用于航空制造和运行层面,航空公司运行成本不断降低。为了提高市场竞争优势,航空公司已经尽可能降低票价。而且,随着人民生活水平提高,消费能力增强,票价浮动对于出行选择的影响已逐渐弱化。综上,不予考虑机票价格因素。

2.2.1 服务水平因素

“快速、舒适、安全”是民航运输产品相对于其他运输方式的差异化特色。航空服务越好,旅客满意度提升,选择航空出行的偏好提高,自然会引发更多的航空客运需求;因此,选取“服务水平影响”指标作为模型影响因子。

类比需求的价格弹性理论,“服务水平影响”通过需求的时间弹性来量化,即飞行小时变化1%所带来的市场需求变化。需求的时间弹性系数一般为负值,即飞行小时相比计划时间延误越多,旅客航空出行的满意度降低,市场需求减少。航空旅客的需求时间弹性系数约为-1.6^[7]。

3 系统因果关系分析

系统的因果循环图是构建系统流图的基础,能够显示人口、经济、空铁竞争、服务水平影响、航空供给与航空客运需求,及其相互之间的因果关系。

带有极性符号的箭头被称为因果链,表征前后变量间的因果关系;“+”符号表示导致目标变量的增加;“-”符号表示导致目标变量的减少。由若干条首尾相连的因果链组合形成的闭环,称为反馈循环。反馈循环有两种,一种是加强反馈循环,意味着反馈流将产生指数增长;另一种是平衡反馈循环,意味着反馈回路将保持系统稳定性。

根据选定的模型影响因子,分析主要因果反馈关系如下:

1) 二三产业产值 \rightarrow 居民消费水平(居民可支配收入) \rightarrow 航空客运需求 \rightarrow 航空客运量。该反馈环描述了经济因素对航空客运需求产生的正积极作用。随着社会发展,科技进步,国家和地区的产业结构不断升级优化,经济水平提高,人民生活水平也随之上升,旅游休闲出行增多。伴随着人们可支配收入的提高和消费观念的转变,航空客运需求以及实际客运量都会不断增加。

2) 航空客运短缺 \rightarrow 航空客运供给 \rightarrow 航空客运量 \rightarrow 二三产业产值 \rightarrow 居民消费水平 \rightarrow 航空客运需求。该反馈环表现了短缺引发的刺激作用。当航空客运市场出现供不应求,造成运输短缺时,市场的供应方就会做出补给反应,增加航空运输供给,从而使得部分原先没有得到满足的潜在需求转化为实际的有效需求,即客运量增加。客运量的增加会为航空企业带来更多的直接收益,同时也驱动了其他相关产业发展,为国家创造更多国民产值。提高国家经济的同时,人民个人生活得到改善,自此,回到第1)点所述,经济发展又将引发更多航空需求。

3) 高铁客运投资 \rightarrow 高铁客运供给 \rightarrow 高铁客运竞争影响 \rightarrow 航空客运需求 \rightarrow 航空客运量 \rightarrow 二三产业产值 \rightarrow 交通运输客运投资 \rightarrow 投资高铁客运投资。该反馈环描述了高铁客运分流对航空客运的竞争影响。任何其他交通运输方式的加大投入,无论是增加供给,抑或提升服务质量,都必然会给航空旅客运输造成竞争压力,对航空客运需求产生削弱作用。

4) 民航客运投资 \rightarrow 航空客运供给 \rightarrow 航空客运短缺 \rightarrow 航空客运需求 \rightarrow 航空客运量 \rightarrow 二三产业产值 \rightarrow 交通运输客运投资 \rightarrow 民航客运投资。该反馈环体现了增加供给对航空客运需求的促进作用。与其他交通运输方式相同,民航自身加大投入,必然增强其自身竞争力,增加航空需求量和客运量。

除上述反馈循环关系外,系统内还存在其他一些普通因果关系。根据上述分析的因果关系,绘制航空客运市场系统的因果反馈循环图如图3所示。

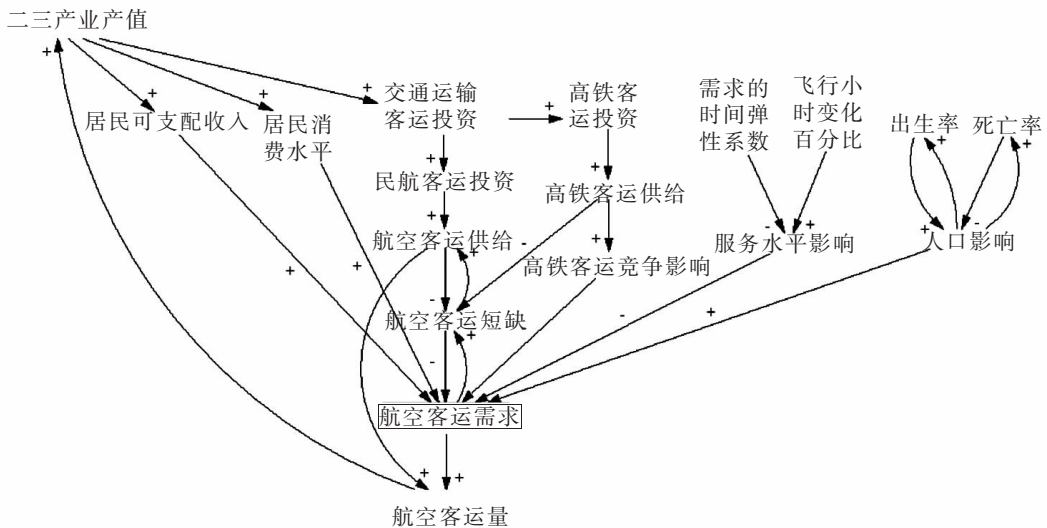


图3 航空客运市场系统的因果反馈循环图

Fig.3 Causal feedback loop diagram of air passenger market system

4 系统模型建立

因果循环图仅定性描述系统内的反馈结构及逻辑关系,进一步计量计算需要将其转换为强调定量关系的系统流图。系统流图表示反馈回路中的各个水平变量、速率变量和辅助变量之间的相互联系,是反馈系统中各回路之间互连关系的图示模型。总模型由5个子模型组成:人口影响、经济影响、空铁竞争影响、服务水平影响子模型,以及航空供给子模型。

下文式(1)~式(24)描述了系统动力学模型中各因子之间的数量关系,均由 Vensim 软件输出导入。为便

于理解,对其中英文符号予以解释: t 表征某变量的时间状态,如人口数量(t)表示在年份 t 的人口数量;参数 dt 模拟时间间隔,取值为 1 年; $Time$ 是系统内置的时间变量,取值范围为为用户设置的模拟时间起点至终点间的所有整数。IF THEN ELSE(条件,真值,假值)为判断函数,当条件为真时返回第一个值,条件为假时则返回第二个值,此处的条件必须是布尔表达式或可以解释为布尔数学的表达式或变量;lookup() 函数为查找表函数,通过将多个输入映射到多维数组中的单个输出来表示物理系统的动态行为,如出生率 lookup($Time$) 是对 $Time$ 时间变量进行查找的表函数,将年份与出生率一一对应,输入年份,则会输出对应年份的出生率;RANDOM NORMAL() 函数用于从服从指定正态分布的数值中生成随机数;ABS() 函数用于返回绝对值。

4.1 人口影响子模型

根据人口影响子模型内的因果反馈回路关系,构建人口影响子模型的系统流图。将人口数量设为水平变量,出生人口和死亡人口为速率变量,其余为辅助变量。人口总量的增加对航空客运需求产生的影响是基数影响,通过人口增量乘以人均乘机次数得到,见式(1)。依统计数据可得^[9],2013—2017年间,我国的人口出生率是非线性的。2013—2014年的死亡率为7.16‰,2015—2017年的死亡率为±7.10‰。

基于上述条件,利用查找表函数,出生率表示为式(6)~式(7)。利用 IF THEN ELSE 函数描写死亡人口见公式(4)。人口影响子模型的 DYNAMO 方程为

$$\text{人口影响} = \text{人口增量} \times \text{人均乘机次数} \quad (1)$$

$$\text{人口数量}(t) = \text{人口数量}(t-dt) + (\text{出生人口} - \text{死亡人口}) \times dt \quad (2)$$

$$\text{人口增量} = \text{出生人口} - \text{死亡人口} \quad (3)$$

$$\text{死亡人口} = \text{IF THEN ELSE}(Time < 2015, \text{死亡率 } 2013/1\ 000 \times \text{人口数量}, \text{死亡率 } 2015/1\ 000 \times \text{人口数量}) \quad (4)$$

$$\text{出生人口} = \text{人口数量} \times \text{出生率} / 1\ 000 \quad (5)$$

$$\text{出生率} = \text{出生率 lookup}(Time) \quad (6)$$

$$\text{出生率 lookup} = \{[(2013, 12) - (2017, 13)], (2013, 12.08), (2014, 12.37), (2015, 12.07), (2016, 12.95), (2017, 12.43)\} \quad (7)$$

4.2 经济影响子模型

在经济影响子模型中,选择二三次产业产值为水平变量,二三产业产值增量为速率变量,其余为辅助变量,并建立二三产业产值、居民可支配收入与综合经济影响之间的定量关系见式(8)~式(11)。二三产业产值增量由二三产业产值增长率确定。由于我国二三产业产值增长率是非线性函数^[9],利用查找表函数表示为式(12)~式(13)。模型中的转换因子用于建立居民可支配收入与二三产业产值之间的转换关系,由历年居民可支配收入增量除以经济产值增量得到,由于非线性,同样采用查找表函数的方式表示为式(14)~式(15)。

建立经济影响子模型内的 DYNAMO 方程为

$$\text{经济影响} = \text{居民可支配收入增量} \times \text{边际消费倾向} \quad (8)$$

$$\text{居民可支配收入增量} = \text{转换因子} \times \text{二三产业产值增量} \quad (9)$$

$$\text{二三次产业产值}(t) = \text{二三次产业产值}(t-dt) + \text{二三产业产值增量} \times dt \quad (10)$$

$$\text{二三产业产值增量} = \text{二三次产业产值} \times \text{二三产业产值增长率} / 100 \quad (11)$$

$$\text{二三产业产值增长率} = \text{二三产业产值增长率 lookup}(Time) \quad (12)$$

$$\text{二三产业产值增长率 lookup} = \{[(2013, 7) - (2017, 14)], (2013, 8.47), (2014, 7.27), (2015, 8.32), (2016, 13.4), (2017, 13.4)\} \quad (13)$$

$$\text{转换因子} = \text{转换因子 lookup}(Time) \quad (14)$$

$$\text{转换因子 lookup} = \{[(2013, 0.015) - (2017, 0.048)], (2013, 0.0359), (2014, 0.0436), (2015, 0.0344), (2016, 0.0203), (2017, 0.0208)\} \quad (15)$$

4.3 空铁竞争影响子模型

根据空铁竞争影响子模型内的因果反馈回路关系,在该子模型中,不设置水平变量和速率变量。将预先计算并处理过的高铁客运边际增量数据作为量化因子直接输入模型。由于逐年不一,利用查找表函数的方

法。建立空铁竞争子模型内的 DYNAMO 方程为

高铁客运竞争影响=高铁客运竞争 lookup(Time) (16)

高铁客运竞争 lookup=[[(2013,0.85)-(2017,1)], (2013,0.95), (2014,0.97), (2015,0.92), (2016,0.93), (2017,0.88)] (17)

4.4 服务水平影响子模型

根据服务水平影响子模型内的因果反馈回路关系,构建服务水平影响子模型的系统流图。服务水平影响通过需求的时间弹性表示为式(18),等于平均飞行小时乘以需求的时间弹性。假设飞行时间的平均变化百分比约为 40%,利用 RANDOM NORMAL()函数提供均值为 0、方差为 1 的正态分布,并利用 ABS()函数返回其绝对值见式(19)[17]。对于本文模型而言,服务水平影响的数值越大,市场需求越少。建立服务水平影响子模型内的 DYNAMO 方程为

服务水平影响=需求的时间弹性系数×飞行小时的变化百分比 (18)

飞行小时的变化百分比=0.4+ABS(0.01×RANDOM NORMAL(0,1,0,1,0)) (19)

4.5 航空供给子模型

根据航空供给子模型内的因果反馈回路关系,在航空供给子模型中,设置年航空客运供给为水平变量,航空客运供给增量为速率变量,其余为辅助变量。航空客运供给通过民航客运投资额间接建立与国家宏观经济总量之间的关系。由于我国的民航客运投资比例系数在 2013—2015 年间为±0.22%,2016—2017 年间为±0.28%,采用函数描写民航客运投资见式(20)。建立航空供给子模型内的 DYNAMO 方程为

民航客运投资=IF THEN ELSE(Time<2016,2013 投资比例系数/100×二三次产业产值,2016 投资比例系数/100×二三次产业产值) (20)

年航空客运供给(t)=年航空客运供给(t-dt)+航空客运供给增量×dt (21)

航空客运供给增量=民航客运投资×民航投资供给转换系数+航空客运短缺 (22)

4.6 系统总模型

航空客运需求增量受经济、人口、空铁竞争和服务水平等因素的综合影响。其中,经济和人口因素与需求增量呈正相关,空铁竞争和服务水平因素与需求增量呈负相关关系。根据上述子模型的分析建模,集结构建航空客运需求系统动力学模型如图 4。结合逻辑分析,拟合航空客运需求增长量与各因素之间的关系见式(23),年航空客运需求的计算公式见式(24)。

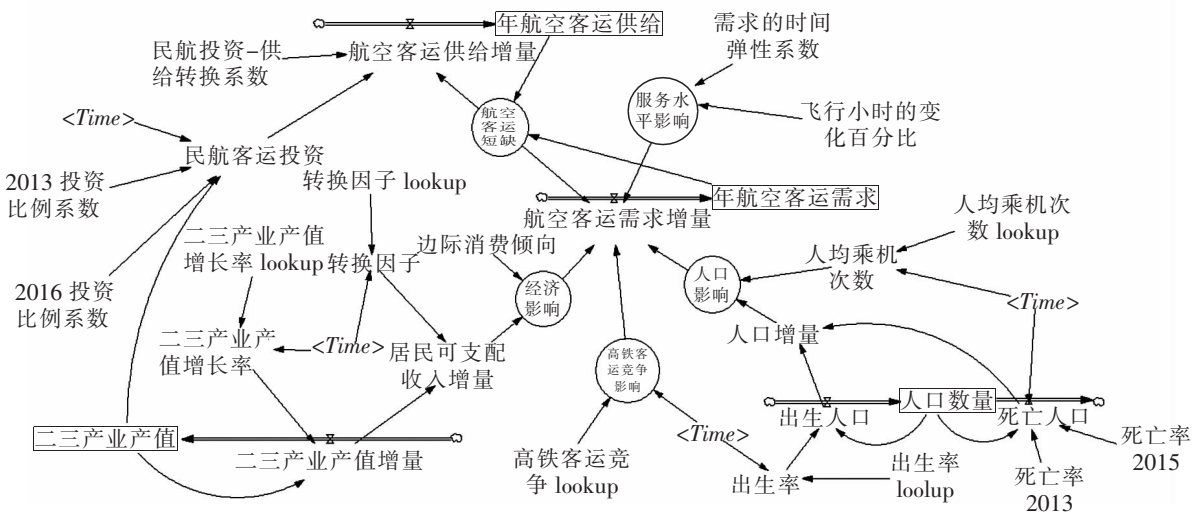


图 4 航空客运市场需求模型的系统流图

Fig.4 System flow chart of air passenger transport market demand model

$$\text{航空客运需求增量}=(\text{人口影响}+3\times\text{经济影响})\wedge(-0.397\ 95\times\text{高铁客运竞争影响}-1.249\ 26\times\text{服务水平影响}+1.825\ 18)+\text{航空客运短缺} \quad (23)$$

$$\text{年航空客运需求}(t)=\text{年航空客运需求}(t-dt)+\text{航空客运需求增量}\times dt \quad (24)$$

5 模型检验及预测分析

5.1 模型检验

在基本模型中,以 2013 年为仿真起点,设定 5 年模拟时间,取 1 年为模拟时间步长。利用 2012—2017 年的实际历史数据^[9],验证模型精度,计算仿真结果的绝对误差和相对误差见表 1。图 5 和图 6 分别是航空客运需求总量和增量的仿真预测结果与实际历史数值的对比图。

表 1 模型仿真运行结果及误差计算
Tab.1 The simulation results and the errors

年份	总量				增量			
	实际航空 客运总量 /万人	预测航空客 运总需求 /万人	预测 绝对误差	预测 相对误差 /%	实际航空 客运增量 /万人	预测航空 客运增量 /万人	预测 绝对误差	预测 相对误差 /%
2012	31 936	31 936	0	0.00				
2013	35 397	35 536	139	0.39	3 461	3 599.95	139	4.01
2014	39 195	39 242	47	0.12	3 798	3 706.03	-92	-2.42
2015	43 618	43 975	357	0.82	4 423	4 732.59	310	7.00
2016	48 796	48 766	-30	-0.06	5 178	4 791.03	-387	-7.47
2017	55 200	54 974	-226	-0.41	6 404	6 208.03	-196	-3.06

数据来源:中华人民共和国国家统计局。

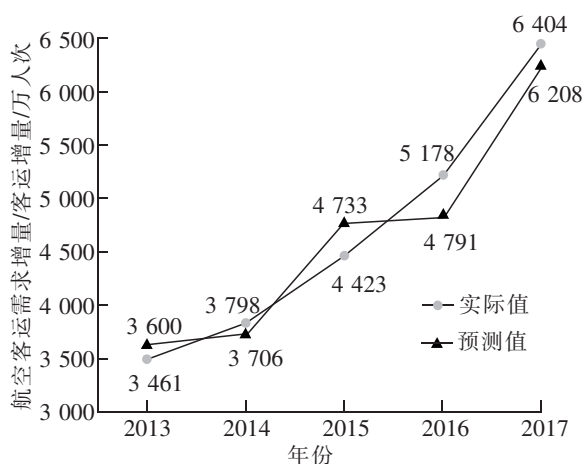


图 5 航空客运需求增量仿真预测结果与实际历史值对比图

Fig.5 Contrast between simulation results and actual data of air passenger transport market demand increment

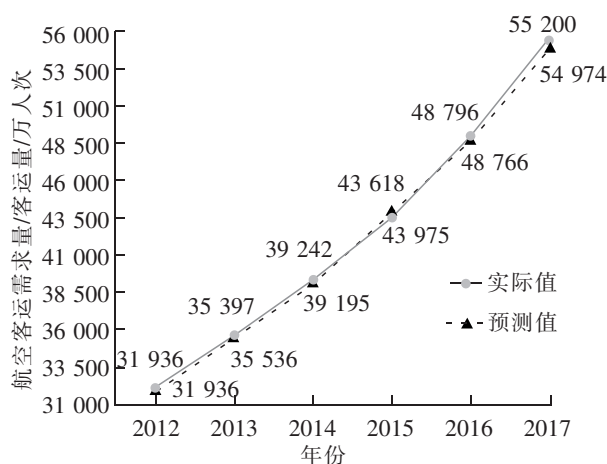


图 6 航空客运需求总量仿真预测结果与实际历史值对比图

Fig.6 Contrast between simulation results and actual data of air passenger transport market total demand

从航空客运需求总量的仿真结果来看,与实际值的误差相当微小,两条折线几乎重合,每年的相对误差均未超过 1%,拟合优良;从航空客运需求增量的仿真结果来看,与实际值的相对误差均在±8%以内,符合系统动力学确定的模型精度要求。由此验证了模型有效性,且相比前人研究所建模型,精度提升明显。

5.2 预测分析

5.2.1 模型参数值确定

根据我国现行的相关方针政策,预判国家未来的社会发展趋势,首先分析确定未来我国航空客运需求量的系统动力学预测模型的相关参数值,主要是经济和人口增长率的确定。

在经济方面,近几年受国家政策引导,房地产行业逐渐去泡沫化,回归理性,对短期市场经济产生了一定冲击,GDP增长率和二三产业产值增长率相比往年都有明显下降。然而,从长期来看,我国的经济发展经过改革的阵痛后,必然会回归到正常、健康、稳步的发展轨道。基于分析,结合历史统计数据^[19],预计2018—2020年间的二三产业产值增长率为7%~8%;预计2021—2030年间的二三产业产值增长率为11%~12%。

在人口方面,国务院印发的《国家人口发展规划(2016—2030年)》^[19]指出,我国生育率已长期处于更替水平以下,全面两孩政策实施后,短期出生人口有所增加。统计数据显示^[19],近两年出生率相比过去提升明显,接近13‰。然而,从长期来看,受生育选择行为变化和育龄妇女数量减少,以及人口老龄化等因素影响,出生率下降,死亡率上升,人口增长势能减弱。基于分析,结合历史统计数据^[19],预计2018—2020年间的出生率为12.5‰~13‰,死亡率为7‰~7.1‰;预计2021—2030年间的出生率降至12‰~12.5‰,死亡率提高至7.1‰~7.3‰。

在人均乘机次数方面,我国的人均乘机次数虽不及发达国家水平,但已有很大程度提升。《国务院关于促进民航业发展的若干意见》^[20]提出,到2020年全国人均乘机次数将达到0.5。基于目前我国的人均乘机次数水平和增长趋势,结合国家发展目标,预计2018—2020年的人均乘机次数为0.5左右,2021—2025年的人均乘机次数为0.7左右,2026—2030年的人均乘机次数为1.2左右。

民航客运投资比例系数、高铁客运竞争影响等其余参数值取3年历史平均值。

未来航空客运市场需求量预测系统动力学模型的具体参数取值见表2。

表2 未来预测仿真模型中的参数取值
Tab.2 Parameter estimation in system dynamics model for future prediction

变量名称	3年预测参数值 (2018—2020)	8年预测参数值 (2021—2025)	13年预测参数值 (2025—2030)
二三产业产值增长率/%	8	12	12
出生率/‰	13	12.5	12.5
死亡率/‰	7.1	7.3	7.3
人均乘机次数/(次/人)	0.5	0.7	1.2
民航客运投资比例系数/%	0.28	0.28	0.28
高铁客运竞争影响	0.91	0.91	0.91
转换因子	0.025	0.025	0.025
边际消费倾向	0.67	0.67	0.67

5.2.2 模型预测

输入分析确定的参数值,以2017年为仿真起点,2030年为终点,取1年为模拟时间步长,运行系统动力学模型,得到未来我国航空客运市场需求预测结果及变化趋势见图7和图8。

预测结果显示,从总量上来看,未来15年,我国航空客运市场需求总量将保持平稳上涨趋势,并于2024年左右突破10亿人次大关;从增量上来看,未来航空客运市场需求增量虽然总体呈上升态势,但受多方因素影响,主要是经济和人口不稳定因素,增长幅度波动较大。

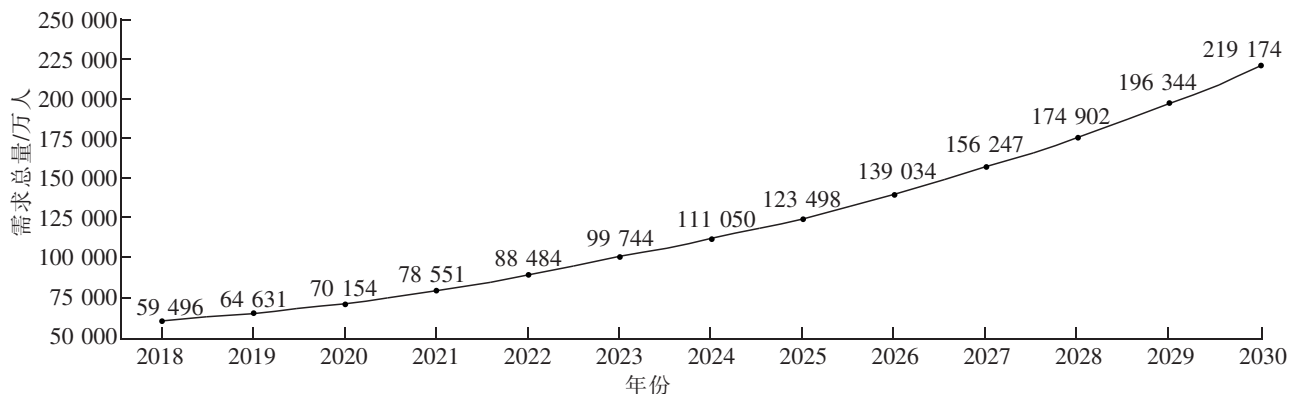


图7 2018—2030年我国航空客运市场需求总量预测结果

Fig.7 Forecast results of China's total demand of air passenger transport market in 2018-2030

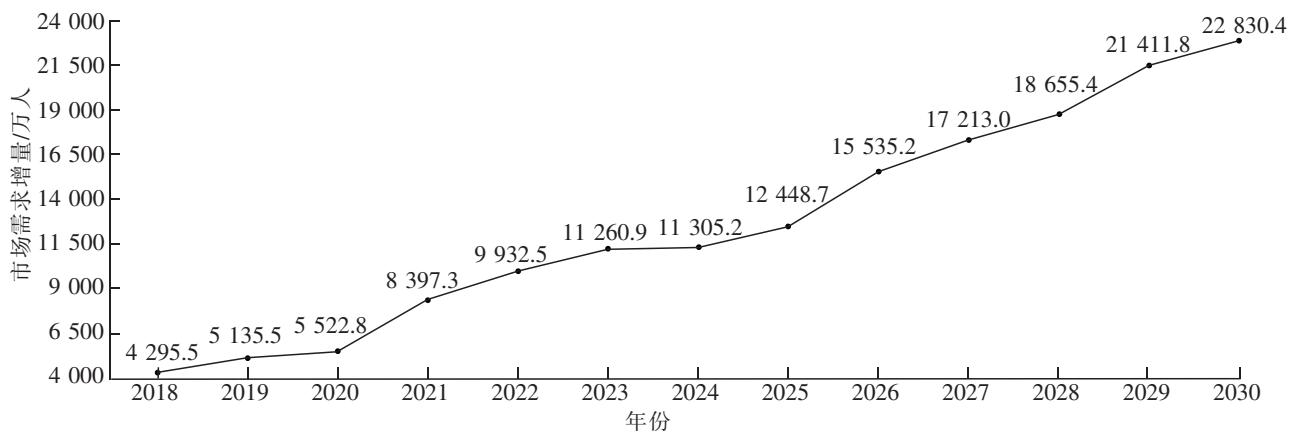


图8 2018—2030年我国航空客运市场需求增量预测结果

Fig.8 Forecast results of China's increased demand of air passenger transport market in 2018-2030

6 结论

1) 基于航空运输需求的派生性特征,航空客运市场的需求影响因素可分为外部和内部两方面,外部主要受人口、经济、居民消费水平、空铁竞争等因素影响,内部因素主要包括票价和服务水平。

2) 针对航空运输复杂系统,系统动力学发挥其定性 with 定量相结合的优势,系统动态地描绘了系统内部反馈与外部环境交流关系,构建了适应我国航空客运市场需求预测的系统动力学模型。模型验证结果显示,航空客运市场需求增量的预测误差不超过 $\pm 8\%$,总量的预测精度高达 $\pm 1\%$,与实际数据拟合优良,相比前人研究建立模型精度更高。构建的民航客运市场需求系统动力学模型,对于派生的民航运输长期需求的预测与分析,具有普遍适用性和长效性。

3) 预测结果显示,未来15年,我国航空客运市场需求总量将平稳上涨,预计于2024年左右突破10亿人次大关;需求增量受未来经济和人口增长等不稳定因素影响,涨幅波动较大,但总体仍呈上升趋势。

参考文献:

- [1] YIN Y, SHANG P. Forecasting traffic time series with multivariate predicting method[J]. Applied Mathematics & Computation, 2016, 291: 266-278.
- [2] BISHT K, KUMAR S. Fuzzy time series forecasting method based on hesitant fuzzy sets[J]. Expert Systems with Applications, 2016, 64: 557-568.
- [3] 张培文, 王晓东. 基于趋势分解的机场季节旅客吞吐量预测方法[J]. 科技与产业, 2013, 13(5): 44-46.
- [4] YANG YANMING, SUN LULU, GUO CHAORAN. Aero-Material Consumption Prediction Based on Linear Regression Model[J]. Procedia Computer Science. 2018: 825-831.

- [5] 刘夏,李苑辉,陈磊,等. 基于灰色预测模型的航线客流量预测. 计算机系统应用,2017,26(7):221-226.
- [6] 张桥艳.国内航线市场需求预测方法研究[J].桂林航天工业学院学报,2016,21(1):20-23.
- [7] 刘夏,李苑辉,陈磊,等. 基于灰色预测模型的航线客流量预测[J]. 计算机系统应用,2017,26(7):221-226.
- [8] CHEN Y, HE K, ZHANG C. A novel grey wave forecasting method for predicting metal prices[J]. Resources Policy, 2016, 49: 323-331.
- [9] 黄赶祥. 远程航线市场宽体客机需求分析方法研究[D]. 四川:中国民用航空飞行学院,2016.
- [10] DOMBALYAN A, KOCHERGA V, SEMCHUGOVA E, et al. Traffic forecasting model for a road section[J]. Transportation Research Procedia, 2017, 20: 159-165.
- [11] 张亚平,彭挺,郝斯琪. 考虑网络结构的航线客流重力预测模型[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2016,40(1):11-15.
- [12] CONSTANTINO H A, FEMANDES P O, TEIXEIRA J P. Tourism demand modelling and forecasting with artificial neural network models: The Mozambique case study[J]. Tékhné, 2016.
- [13] 朱倩. 基于小波神经网络模型的民航旅客流量预测研究[D]. 北京:北京交通大学,2014.
- [14] 郑钧元. 基于系统动力学的铁路客运量预测方法研究[J]. 中国战略新兴产业,2017(40):38-39.
- [15] 任新惠,唐少勇. 我国航空旅客运输需求预测—基于计量经济学与系统动力学组合模型[J]. 交通运输研究,2015,1(1):92-98.
- [16] 王晚香. 铁路客运量的系统动力学预测[J]. 大连交通大学学报,2014,35(5):10-12.
- [17] SURYANI E, CHOU S Y, CHEN C H. Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework[M]. Pergamon Press, Inc. 2010.
- [18] 沈静瑶,曾小舟,吴立波. “一带一路”沿线国家民航运输市场重要程度分析[J]. 华东交通大学学报,2018,35(2):56-65.
- [19] 中华人民共和国国家统计局. 国家数据[DB/OL]. <http://data.stats.gov.cn/>.
- [20] 国务院. 国家人口发展规划(2016-2030年)(国发[2016]87号)[A/OL]. (2016-12-30)[2018-12-10]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5171324.htm.
- [21] 国务院. 国务院关于促进民航业发展的若干意见(国发[2012]24号)[A/OL]. (2012-07-08)[2018-12-10]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2012/content_2192396.htm.

Research on Dynamics Model of China's Civil Aviation Passenger Transport Market Demand Forecast

Shen Jingyao, Zeng Xiaozhou, Wu Guoxiang

(Aeronautics and Astronautics Aviation School, Nanjing University, Nanjing 211106, China)

Abstract: The large foundation investments for civil aviation transportation have long construction cycles and are fiercely proprietary. The quantity of fixed investments should match the scale of civil aviation development. Scientific demand forecasting is the basis for rational planning of civil aviation infrastructure and fleet construction. The principle of system dynamics is used to analyze the internal and external factors of air passenger demand, and to build the system dynamics model of China's civil passenger transport market demand forecast. The considerations are more comprehensive and the accuracy is improved obviously. Using the model built, based on China's economic and social development level, it is predicted that China's air passenger demand will reach 1 billion people in 2024. The system dynamics model of civil aviation passenger market demand has universal applicability and long-term effectiveness for the prediction and analysis of long-term derived civil aviation transportation demand.

Key words: transportation planning; air passenger transport market; system dynamics; demand forecasting