

空中交通管理系统与技术国家重点实验室 2020 年开放基金课题指南

空中交通管理系统与技术国家重点实验室

中国电子科技集团公司第二十八研究所

中电莱斯信息系统有限公司

二〇二〇年八月

空中交通管理系统与技术国家重点实验室(以下简称“实验室”)是国家科技部批复,依托中国电子科技集团公司第二十八研究所建设运行的国家级创新平台,重点开展空中交通管理应用基础理论和共性技术研究、新技术应用与演示验证、产品与技术研究的综合性实验室,设有空管系统顶层规划和体系结构理论与方法、空中交通态势生成服务理论与技术、空管智能化辅助决策理论与技术、空管系统仿真评估理论与技术四个研究方向。实验室面向国家空管产业发展需求和趋势,通过建立基础理论与新技术研究、试验、评估环境以及成果转化机制,加快科研成果向现实生产力转化,搭建产业与科研之间的“桥梁”,提升我国空管系统自主创新能力,为我国空管系统建设提供先进的理论和具有自主知识产权的核心技术。

2020 年,实验室结合自身定位、研究方向和发展现状,围绕近期和中期研究目标,结合我国空管技术应用需求和国际空管技术研究前沿,开展一系列关键技术及专项研究攻关。为支撑 2020 年度工作内容,提升自主创新能力,聚集和培养领域高层次人才,促进学科交叉和高水平学术交流,发挥国家科研体系整体效能,实验室拟就智慧空管、空管导航运行、空域管理、未来机场、空管系统体系结构设计等发布开放 9 项基金课题,开展我国空管新理念、新技术、新方法的探索性、创造性的研究与应用,为我国当前和未来新一代空管系统的发展和建设提供可控实用的顶层设计技术与关键性基础技术支撑。

(一) 基于复杂系统理论的空中交通管理系统分析(编号: SKLATM202001)

1、 研究目标

本课题作为应用基础研究,其目标是结合空管系统的功能、结构、信息、业务等特征,将复杂系统理论引入空中交通管理领域,研究当前复杂系统理论中主流方法在空管系统总体设计时的适应性问题,为其中的规划设计、优化设计、建模仿真等提供理论分析工具,支撑空管系统顶层结构的定量化建模分析。

2、 主要研究内容

1) 面向空管系统的复杂系统理论适用性分析

研究复杂系统理论中主流方法在空中交通管理系统领域的适用性及结合点,包括:通信、导航、监视、管制指挥、流量管理、空域管理。该方法至少包含:

- (a) 基于网格和网络的拓扑分析;
- (b) 连续动力学理论;
- (c) 离散动力系统及元胞自动机理论;
- (d) 标度理论;
- (e) 适应性理论和博弈论;
- (f) 基于信息论的复杂系统过程分析;
- (g) 基于 Agent 的复杂系统建模。

2) 典型应用案例分析

以“最优设计一套跨区域（国家或地区）的空管系统顶层结构”为背景，运用研究内容 1）中适用的复杂系统理论方法来解决相关的规划、设计、优化等问题，形成案例，并提供理论及仿真分析结果。

3、 技术指标

- 1) 复杂系统理论主流方法分析至少包括上述 7 种；
- 2) 每种方法分析内容至少包括：发展现状及优缺点、理论框架、是否适用于空管系统领域；
- 3) 典型案例分析应包含理论和仿真 2 种类型。

4、 进度要求

12 个月。

5、 经费要求

建议不超过 12 万元。

6、 成果形式

- 1) 研究报告 1 份；
- 2) 发表论文不少于 2 篇，其中 SCI 论文 1 篇。

7、 应用方向

空管系统顶层结构设计。

联系人：邓科，18851127775

(二) 空域协同控制模型与算法研究 (编号: SKLATM202002)

1、 研究目标

针对多类型航空器不同的空域使用需求,研究面向不同任务要求和不同约束环境下的多类型空域协同控制技术,围绕飞行器特征参数和飞行任务,构建基于统一数学描述与计算模型,提出多类型空域协同自适应控制算法,解决多机协同用空场景下的空域协同解耦控制问题,提升空域规划效率,保障空域使用安全。

2、 主要研究内容

- 1) 空域协同控制机理与算法研究
- 2) 多机协同解耦控制仿真演示场景验证

3、 技术指标

- 1) 空域控制集合内控制策略包括空域开放、关闭、限制通行、限时通行、方向指引等不少于 5 种;
- 2) 空域协同控制算法能够通过根据空域运行态势自主生成,以空间栅格为单位,生成包括时间、空间、控制策略以及对航空器管制指令等信息内容,决策生成时间不超过 1s;
- 3) 选用多机协同空域管控作为典型场景仿真验证,航空器类型不少于 3 种,数量不少于 50 架,建立多航空器运行空域预测模型,动态预测 20min 内冲突空域和冲突个体;
- 4) 仿真验证中能够对环境数据进行三维建模,考虑恶劣气象、限制区域等因素的约束,保证航空器完成所有设定的飞行任务,保障空域和飞行安全。

4、 进度要求

12 个月。

5、 经费要求

建议不超过 18 万元。

6、 成果形式

- 1) 《空域协同控制模型与算法研究》1 份；
- 2) 原型软件及模型全部源码；
- 3) 发表中文核心期刊论文不少于 2 篇。

7、 应用方向

空域协同管控、空域智能划设。

联系人：杨毅，15077873820

(三) 面向空域精细化管理的效能评估指标体系研究(编号:SKLATM202003)

1、 研究目标

针对战略与战术阶段空域管理分别建立可以形式化地表达、评估空域效能的数字化指标体系,构建定量计算模型,通过量化结果以及它们之间的参照分析,发现空域系统当前的问题和短板,为不同管理阶段的空域管理方案的对比和研判提供技术支撑。

2、 主要研究内容

- 1) 研究战略阶段空域结构指标体系,构建指标量化计算模型。
- 2) 研究筹划与实施阶段空域运行指标体系,建立效能测度计算模型。
- 3) 研制空域效能评估软件,结合典型场景,进行应用验证。

3、 技术指标

- 1) 参考 ICAO 9854 文件,细化指标至少覆盖 7 个绩效域(容量、效率、灵活性、空中交通管理参与、可预测性、安全、成本效益);
- 2) 单个绩效域的指标层数不小于 3 层。

4、 进度要求

12 个月。

5、 经费要求

建议不超过 18 万元。

6、 成果形式

- 1) 空域效能评估指标计算模型与算法(含结构指标与运行指标);
- 2) 空域效能评估软件构件;
- 3) 典型地区空域效能评估验证报告;

4) 发表 SCI 论文 1 篇、中文核心论文 1 篇;

5) 申请专利 1 项。

7、 应用方向

空域精细化管理。

联系人：丁洋，18362927388

(四) 空中交通流多粒度多时空状态智能预测技术研究(编号: SKLATM202004)

1、 研究目标

针对空中交通流复杂的时空关联性以及精细化管理、智能分析等需求,综合运用图表示学习、小样本学习、迁移学习等人工智能方向的前沿理论,研究面向空中交通流海量数据的交通流智能预测模型,实现空中交通流的时空特征表达、演化知识归纳和预测任务的迁移,克服训练样本数量少、样本类别分布不均衡、预测模型鲁棒性适应性差、可解释性不足等问题,为流量管理、间隔管理、机场运行管理等应用提供自适应、再学习的智能决策支持。

2、 主要研究内容

1) 研究面向空中交通流海量数据的高效学习和计算方法,面向空中交通多种非规则空间拓扑结构,提升对非欧几里得结构数据的处理能力;

2) 研究基于深度混合神经网络的空中交通流预测模型,通过对空中交通流多粒度、多时空特征进行多视角、分层次表征,提升预测模型的性能和可解释性;

3) 研究适用于多预测任务的迁移学习技术,通过对交通流演化规律学习和归纳,降低对训练数据的依赖性,提升预测模型的准确性和适用性。

3、 技术指标

1) 构建面向空中多节点交通流预测的大规模深度神经网络计算模型;

2) 设计自学习、小样本学习方法,相同性能条件下所需标注数

据量级减少；

3) 通过知识归纳和迁移，对不同预测任务结果和性能提升具备可解释性；

4) 时空建模维度不少于 3 维；

5) 针对源数据的短时预测平均准确率不低于 90%，中、长时预测平均准确率不低于 85%；

6) 模型迁移学习后的短时预测平均准确率不低于 85%；中、长时预测平均准确率不低于 80%。

4、 进度要求

18 个月

5、 经费要求

建议不超过 25 万元

6、 成果形式

1) 技术研究报告；

2) 智能预测软件一套；

3) 训练过程中的全部训练数据；

4) 发表 SCI 论文 1 篇、中文核心论文 1 篇。

7、 应用方向

空管智能化辅助决策、智慧空管系统。

联系人：王煊，13584059621

(五) 机场飞行区不停航施工数字化评估与监控技术(编号:SKLATM202005)

1、 研究目标

针对飞行区不停航施工监控与评估的数字化和智能化需求,研究飞行区不停航施工数字化建模技术,提出时空数字化网格模型,重点突破飞行区不停航施工影响评估技术,实现对不停航施工全生命周期的评估和监控,增强受不停航施工影响相关方共同的情景意识,最大限度地减少不停航施工对机场正常运行的影响。

2、 主要研究内容

- 1) 研究飞行区不停航施工数字化网格建模技术。
- 2) 研究飞行区不停航施工影响评估与优化技术,给出航空器起降架次、航班运行调整方案。
- 3) 研究飞行区不停航施工全生命周期监控应用技术。

3、 技术指标

- 1) 施工数字化网格水平精度优于 1m;
- 2) 数字化网格建模可支持战略级和实时表征;
- 3) 信息种类至少包括不停航施工计划、航班运行计划、机场航行通告、机场 GIS 等;
- 4) 支持的不停航施工建模与影响评估种类至少包括围界、跑道、滑行道、机坪、灯光施工等 5 类;
- 5) 飞行区不停航施工影响评估准确率 $\geq 90\%$ 。

4、 进度要求

12 个月。

5、 经费要求

建议不超过 15 万元。

6、 成果形式

- 1) 发表 SCI 论文 1 篇，中文核心期刊 1 篇；
- 2) 申请专利 1 项；
- 2)《机场飞行区不停航施工数字化评估与监控技术》研究报告 1 份；
- 3) 飞行区不停航施工影响评估模型。

7、 应用方向

机场安全运行。

联系人：鲍帆，13951074210

(六) 基于多用户需求的飞行程序优化技术研究 (编号: SKLATM202006)

1、 研究目标

面向终端区飞行安全保障和空域效率有效提升,构建基于多用户需求的飞行程序评价指标体系,建立飞行程序的综合评价模型,优化飞行程序参数,使飞行程序更加符合实际运行需要。

2、 主要研究内容

- 1) 基于多用户需求的飞行程序评估指标体系研究。
- 2) 建立飞行程序的综合评估模型,研究飞行程序优化方法。
- 3) 结合典型场景,进行仿真验证。

3、 技术指标

- 1) 评估指标体系层级 ≥ 2 层;
- 2) 多用户对飞行程序优化评估指标 ≥ 10 个;
- 3) 以 A320 机型性能为标准优化飞行程序参数 ≥ 2 个;
- 4) 采用国内机场实际运行飞行程序(数量 ≥ 2 个)验证。

4、 进度要求

12 个月

5、 经费要求

建议不超过 15 万元

6、 成果形式

- 1) 发表 SCI 论文 1 篇,中文核心 1 篇;
- 2) 技术研究报告 1 份;
- 3) 评估模型软件模块及飞行程序设计优化工具 1 套。

7、 应用方向

终端区飞行程序设计与管理。

联系人：李贺，18551809726

(七) 基于历史运行数据的终端区航空器四维轨迹预测(编号: SKLATM202007)

1、 研究目标

针对终端区航空器四维轨迹预测的需求, 研究基于航空器监视、计划等数据的飞行路径与预计过点时间、高度预测技术。突破终端区内航班飞行数据特征提取、复杂态势下的轨迹分析、基于特征相似性的航空器四维轨迹预测等关键技术。结合实际数据, 验证四维轨迹预测的准确率。

2、 研究内容

1) 研究历史航班数据中的噪声数据处理方法, 构造航空器四维轨迹大数据样本库。

2) 研究分别针对路径预测和预计过点时间、高度预测的方法, 以及满足时间要求的大样本快速分析算法。

3) 研究关键点等强约束条件下的航空器航迹序列匹配方法和时空匹配技术。

4) 结合典型场景和真实数据, 进行验证。

3、 技术指标

1) 与现有管制系统实际飞行数据进行对比, 航空器飞行路径预测的准确率高于 90%;

2) 与现有管制系统实际飞行数据进行对比, 航空器过点时间、高度平均准确率高于 80% (误差 1 分钟内、高度 300 米内), 其中出入走廊口点时间、高度平均准确率高于 90% (误差 1 分钟内、高度 300 米内)。

4、 进度要求

12 个月

5、 经费要求

建议不超过 20 万元

6、 成果形式

- 1) 发表 SCI 论文 1 篇，中文核心期刊论文 1 篇；
- 2) 研究报告 1 份；
- 3) 终端区航空器四维轨迹预测验证工具 1 套。

7、 应用方向

空管大数据分析。

联系人：莫海健，13851542805

(八) 无人机城市低空运行安全评估技术研究(编号:SKLATM202008)

1、 研究目标

针对无人机城市运行场景航线划设复杂、低空空域使用效率低下以及实际试验难度大等问题,研究城市低空空域分层原则、超低空航线分类方法、城市复杂环境下低空运行的中小型无人机数字建模等,通过数字虚拟试飞方法,对无人机城市场景低空运行的安全性进行评估,优化超低空空域使用效率,提高无人机城市场景运行安全性。

2、 主要研究内容

1) 城市低空空域分层原则及超低空航线分类方法

研究城市低空空域(城区范围、真高 300 米以下)的分层分类原则,对无人机运行空域进行合理分类;研究超低空航线分类方法,明确超低空航线类别分类标准,形成一套较完整的分类方法。

2) 无人机城市运行建模

研究无人机城市运行环境模型,针对城市环境复杂、障碍物多、风险多变等特征,构建城市运行环境数字模型;研究中小型无人机飞行及控制模型,建立高精度的无人机运动模型及城市复杂环境下运行的无人机自主控制导航算法。

3) 无人机城市低空运行安全性评估方法

研究无人机城市低空安全评估指标体系,对无人机典型运行场景进行模拟,构建运行风险评估模型,评估无人机在城市环境中的运行风险,根据评估结果提出无人机城市运行标准建议。

3、 技术指标

1) 低空空域包括真高 300 米及以下，城市低空空域分层覆盖地面特征不少于 5 种（包括住宅、商场、重要设施等）；

2) 无人机超低空航线分类不少于 5 种，应覆盖起飞、降落、正常飞行、避让及备降等各类航线；

3) 数字虚拟试飞典型应用场景不少于 3 个（包括无人物流配送、道路交通监测等场景）。

4、 进度要求

18 个月。

5、 成果形式

1) 无人机城市低空运行安全评估技术研究报告；

2) 无人机城市场景数字虚拟试飞算法库（包括无人机运动模型、自主控制导航算法、安全评估模型等）；

3) 发表 SCI/EI 不少于 2 篇；

4) 申请专利 1 项。

6、 经费要求

建议不超过 20 万元。

7、 应用方向

空管仿真评估。

联系人：付胜豪，15950455289

(九) 基于机场多源气象观测资料的数值天气预报检验评估技术(编号: SKLATM202009)

1、 研究目标

针对 MDRS、复盘分析等业务工作对数值预报准确率检验的需求,研究基于机场自观系统(AWOS)、机场天气实况报、机场天气雷达等多源观测资料的数值预报检验评估技术,对数值天气预报在重要天气影响时段和空域预报的准确性进行评估分析,为复盘工作提供准确、定量化的数值天气预报系统检验评估结果。

2、 研究内容

1) 研究多源观测资料的天气形势分类,分析不同类型的天气形势特征、发生概率并从定性和定量两个方面,量化其对机场和终端区运行的影响。

2) 研究基于多源观测资料的数值天气预报检验评估技术,构建预报误差评价指标,量化分析不同天气形势下数值天气预报系统的预报误差和系统误差的来源。

3、 技术指标

1) 完成不低于 3 种天气形势分类分析;

2) 在不同天气形势下,针对雷达反射率因子、降水、能见度等完成不低于 3 种气象要素的数值天气预报检验评估;

3) 多源观测资料至少包括机场自观系统(AWOS)、机场天气实况报、机场天气雷达、探空、模式分析场等。

4、 进度要求

12 个月

5、 经费要求

建议不超过 18 万元

6、 成果形式

- 1) 发表 SCI 论文 1 篇，中文核心期刊 1 篇；
- 2) 研究报告 1 份；
- 3) 数值天气预报模式检验评估程序源代码。

7、 应用方向

航空气象服务、复盘分析和动态容量评估。

联系人：陈曦，15751868515