

“十四五”国家重点研发计划“数学和应用研究” 重点专项 2021 年度项目申报指南 (补充方向征求意见稿)

数学是自然科学的基础，也是重大技术创新发展的基础，已成为各个领域发展等不可或缺的重要支撑。“数学和应用研究”重点专项总体目标是面向国家战略需求，解决一批影响未来发展的重大数学与应用问题，提升我国自主创新能力。本批指南围绕重大应用和一线生产需求，在前期工作基础上，补充部署 4 个研究方向。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，围绕重大科学问题和关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部内容。指南方向 1、2 项目执行期不超过 4 年，其他方向项目执行期原则上不超过 3 年。

1. 5.5G Massive MIMO 通信系统的超分辨率参数估计和补全问题

研究内容：针对 5.5G Massive MIMO 通信系统的核心问题之一：基于无线传播模型以及特定收发处理前提下无线信道信息(CSI)的估计与 CSI 的基础上的波束赋形算法的优化设计这类超

分辨参数估计和补全问题,研究如何有效地利用信道结构特征大幅度降低测量误差;研究如何通过已知的部分带宽上的测量信道去估计整个频带上的信道信息;研究 FDD 系统中如何根据反馈的 CSI,联合设计降维反馈矩阵以估计理想的信道;研究在 HBF 系统中,如何根据已知的降维测量信道,联合设计降维矩阵,获得理想的信道信息的理论和方法。

考核指标: 针对上述典型的四个超分辨参数估计和补全问题,形成完整的理论方法体系。对于上述问题的总体目标,要求超分辨率参数估计算法的精度提升,离信道估计的克拉美罗界的差距小于 0.5dB;超分辨率参数估计算法的复杂度相对当前的基线算法提升不超过 2 倍。除了上述要求外,针对 FDD 系统,根据 UE 反馈信息基站重构获得更准确的 CSI 的理论和算法,要求相对于高精度理想 CSI 反馈的误差小于 5%;针对 HBF 系统中根据降维以后的信道高精度重构原始的信道信息的理论和算法,要求重构信道的精度与在 DBF 系统获得完整信道估计的相关性大于 95%。

2. 通信基站滤波器智能高效生产和高性能设计的数学应用研究

研究内容: 针对 5G 通信基站核心射频通信器件-滤波器高性能拓扑设计和高精度自动化生产需求,研究非摩尔射频滤波器的自动化、规模化、高效化生产方法,解决解析求解制约生产效率的寄生参数,对未知网络拓扑的模型拟合等问题,实现 5G 基站的规模建设;研究新结构、低插损、高抑制的新型滤波器设计

的基础理论，解决多通带射频滤波器网络的拓扑变换，双模多模并存的模型构建等问题，帮助实现高性能 5G 网络覆盖。项目数学问题为基于矩阵相似变换，求给定场景下的特定解。

考核指标：基于矩阵相似变换的解析方法，完善多通带、高集成、轻量化的复杂滤波器设计理论，满足未来高性能网络布局下滤波器最优设计的需求，给出理论文档和软件。基于含有未知变量的矩阵相似变换的数学方法，解析求解未知变量，用于滤波器模块多变量干扰下的模型识别，保证静态场景下有效率不低于 99%，动态调试场景下有效率不低于 90%。基于欠定条件下的矩阵相似变换的数学模型，建立凸方法，识别可控稳定的数学模型，确保优化解在限制条件下唯一或工程实现最优，优化解提取误差小于 1%。

3. 大型遥感卫星在轨机电性能退化的压缩感知及预测研究

研究内容：基于压缩感知技术，研究对大型遥感卫星进行在轨状态监控并预测机电性能退化的数学理论与方法。研究多源异构监测信息的压缩感知与高效重构算法：基于卫星在轨监测的机电运行状态多源异构数据，开展压缩感知数学建模和优化求解算法研究，解决在轨硬件资源受限条件下的欠定状态反演问题。研究基于不完备数据的卫星机电性能退化预测方法：基于卫星在轨自感知信息及非完备模型，开展机电性能退化的数学建模和人工智能预测方法研究，解决环境要素强不确定条件下的性能退化自适应智能预测难题。

考核指标：新型压缩感知和高效重构算法可应用于展开尺

寸达百米或机械口径达 30m 量级的遥感卫星在轨成像质量保障。新型压缩感知和高效重构算法与传统算法相比，模型仿真分析精度提升不低于 10%、计算效率提升不低于 10%。实现大型遥感卫星在轨成像性能退化诊断，诊断成功率不低于 60%。实现大型遥感卫星在轨成像性能预测，关键指标预测偏差不超过 30%。显著提升大型遥感卫星成像质量，总体技术达到国际先进水平。

4. 数字电路物理设计自动化中的数学创新方法与软件模块研发

研究内容：研究数字电路物理设计中的布局、布线和签核中的数学算法问题与核心软件模块。研究针对版图规划和布局问题中的非光滑连续优化模型和快速求解算法；针对全局布线的优化问题，探索拥挤度函数的结构及其逼近模型构建方法，发展新型全局优化算法并研究图论基础在高效智能布线算法中的应用；针对时序功率签核问题，发展电流电压信号响应波形的高精度、超高速求解的数学理论基础和算法。

考核指标：研发的布局算法与软件模块与国外主流工具，如 Innovus，相比在布局后总线长指标提高 3%以上，布线性、WNS、通孔数量、运行时间上性能相当。研发的布线算法与软件模块与国外主流工具在可布通性、总线长、通孔数量、及运行时间上性能相当。研发的签核算法与软件模块与 SPICE 分析结果的平均误差小于 3%；运行时间与世界主流产品相当或更快。