

空间辐射场三维重构方法

刘铭

导师：宋玉收

哈尔滨工程大学核科学与技术学院

2021 年 4 月 14 日

1 选题回顾

2 已完成工作

- 调研所得内容
- 插值算法学习
- 提出创新思路
- 重构方法程序

3 后续工作

空间辐射场三维重构方法是**辐射场可视化仿真技术**的一项重要技术。辐射场可视化仿真技术不仅能够应用在**核设施退役工程**，将辐射场的分布以可视化的形式显示在虚拟场景中，评估施工人员所接受的辐射剂量；还能在**核与辐射安全科普**工作中发挥积极的作用，将辐射场的剂量值、分布等定量信息展现给公众，易于科普工作者与公众进行互动沟通，提高公众对核科学的认识。

辐射场重构方法：

① “正演”方法

- 蒙特卡洛法

- ① MCNP

- ② Geant4

- ③ SuperMC

- 点核积分法

- ① Narveos

- ② VISIPLAN

② “反演”方法

- 插值方法

- ① 径向基插值 RBF(样条插值)

- ② 反距离权重法 IDW(克里金插值)

- 拟合方法

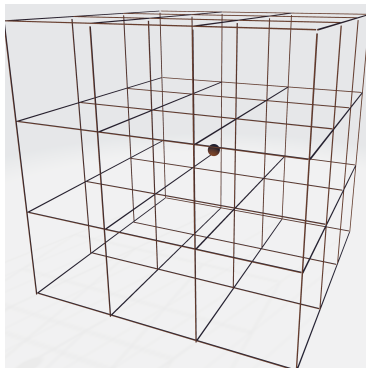
- ① 最小二乘法

- ② 最小立方法

样条插值

样条函数是一种分段多项式，且相邻多项式之间具有一定的连续性。因此，样条函数既具有多项式的使用优点，又保留了各段之间的独立性。

$$f(x, y, z) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 \sum_{k=0}^3 B_i(r) B_j(s) B_k(t) \phi_{(a+i)(b+j)(c+k)}$$



反距离权重法：彼此距离较近的事物要比彼此距离较远的事物更相似！

$$\hat{v} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{d^p} v_i$$

克里金插值：相比于距离反比加权算法具有更高的计算精度、计算效率以及计算复杂程度：

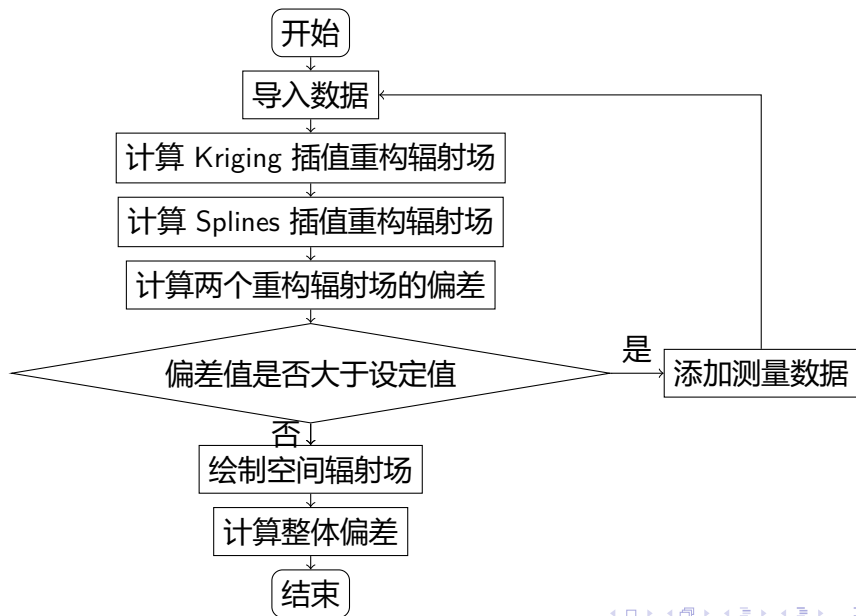
$$\hat{v}_o = \sum_{i=1}^n \lambda_i v_i$$

克里金模型：普通克里金、简单克里金、泛克里金、概率克里金、析取克里金、指示克里金、协同克里金等

提出创新思路

空间插值的确定性方法包含反距离权重法 IDW(克里金插值) 以及径向基函数插值法 RBF(B 样条插值) 等, 但仅仅依靠某种单一的方法难以对辐射场重构的很好。因此提出一种新的重构方法, 将两种插值的结果进行对比, 对于重构出来的两个不同的辐射场, 将重构出来的两个辐射场剂量值相差较大的区域, 选点进行再次测量, 从而最终得到重构辐射场, 相比于依靠某单一插值方法, 随机选取同样的测量点进行重构插值得到的辐射场, 应该会有更好的效果。

重构方法程序



- ① 获取辐射场数据
 - 实验测量
 - Geant4 仿真
 - 点核积分法
- ② 比较创新重构方法与单一方法重构的辐射场与实际辐射场的插值重构效果
 - 单源情况
 - 多源情况
 - 简单空间
 - 复杂空间

谢谢!