

# 基于均匀设计的飞行地理环境分析

苏康 周其忠 金惠香 张建舟

(中国航天科工集团三院三部 中国北京)

Email Address : [sukang@vip.sina.com](mailto:sukang@vip.sina.com)

**摘要:** 飞行地理环境分析对有控飞行器的设计和使用具有重要的意义。本文从飞行地理环境的应用背景出发,结合均匀设计原理,提出基于均匀设计的飞行地理环境分析框架。算例结果表明,应用该框架进行飞行地理环境分析,可以取得满意结果。

## 一、 引言

有控飞行器(含无人驾驶飞机(UAV)、遥控飞行器(RPV)等)为了实现精确的导航和制导,都安装有高灵敏度的传感器和相应的自主式导航和制导系统。由于传感器灵敏度不断提高,周围环境尤其是地理环境对有控飞行器导航精度的影响是非常重要的。飞行地理环境(Flying Geographical Environment)是指有控飞行器的传感器能够敏感到的并影响有控飞行器导航精度和飞行安全性能的地理因素,例如不同的地形地貌、地物等。在现代有控飞行器中所装备的传感器种类很多,但是有控飞行器装备最多的主要有两类,一类是用于测量飞行器离地面或地物的高度和海拔高度,包括雷达高度表、激光高度表和气压高度表等;另一类是用于敏感飞行器正下方的地面或地物图象,包括 CCD 图象敏感器和红外图象敏感器等。所以,飞行地理环境主要以地形高度或地物高度以及地面或地物图象等形式向有控飞行器传递信息。由于飞行地理环境对有控飞行器的导航和安全性能有着直接的影响,因此,对飞行地理环境的进行分析,揭示飞行地理环境特征与有控飞行器导航性和安全性之间内在规律具有非常重要的意义。其分析结果一方面对优化有控飞行器设计有指导作用;另一方面对有控飞行器系统使用是非常重要的,因为在使用过程中,可以利用飞行地理环境的分析结果,尽量避免对有控飞行器飞行不利的环境,从而充分发挥有控飞行器系统的效能。由于飞行地理环境的复杂性和多样性,用解析方法来得到飞行地理环境特征与有控飞行器导航与制导系统之间的关系是非常困难的,一种行之有效的方法是通过计算机仿真试验来获得飞行地理环境特征对有控飞行器影响的显著程度以及定量指标<sup>[1]-[2]</sup>。在计算机仿真试验过程中,需要用较少的试验次数来达到目的。王元和方开泰于 1978 年提出了均匀设计方法<sup>[3]</sup>。该试验设计方法去掉了正交设计方法所要求的整体可比性要求,考虑如何将设计点均匀地散布在试验范围内,使得能用较少的试

验点获得最多的信息,其基本原理是通过一套精心设计的表来进行试验设计,它具有如下特点:

- 1) 每个因素的每个水平做一次且仅做一次试验。
- 2) 任两个因素的试验点均布在平面的格子点上,每行每列有且仅有一个试验点。
- 3) 均匀设计表任两列组成的试验方案一般并不等价,所以,每个均匀设计表必须有一个附加的使用表。
- 4) 当因素的水平数增加时,试验数按水平数的增加量在增加,如当水平数从 9 水平增加到 10 水平时,试验数  $n$  也从 9 增加到 10。

飞行地理环境分析的计算机仿真试验是一个多因素多水平的综合试验,考虑到上述特点,选取均匀设计法作为试验的设计方法。在此基础上,提出了基于均匀设计的飞行地理环境分析框架,并取得满意结果。

## 二、 基于均匀设计的飞行地理环境分析框架

基于均匀设计的飞行地理环境分析框架如图 2 - 1 所示。从图中可见,该框架可以分为三个层次:

- 1) 数据层。由 Oracle8i 和空间数据库引擎 SDE 组成,负责飞行地理环境数据(包括数字高程图、数字影像图等)的组织和管理;
- 2) 仿真试验层。负责对给定的飞行地理环境数据样本以及算法进行均匀试验统计试验仿真,得到相应的算法输出数据;
- 3) 知识层。对仿真结果进行分析和处理,提取对有控飞行器有用的导航层和突防层知识,包括导航区分布、飞行安全区分布等。

在上述的三个层次中,仿真试验层是核心,在仿真试验过程中,将采用均匀设计的方法来进行试验设计。其主要过程如下:

- 1) 特征因素的初选。挑选理论上可能对有控飞行器飞行有显著作用的飞行地理环境特征因素。由于仅存在理论上的可能性,实际中有的因素可能独立发生作用,有的因素可能相互影响共同作用;有的因素影响强,有的因素可能影响非常弱。
- 2) 特征因素的筛选。对初选的各项因素值进行统计分析,进行相关性计算,即计算各项因素之间线性关系的密切程度,剔除相关性较强的因素。
- 3) 统计特征因素的分布。统计经过筛选得到的特征因素值的分布,在保证回归方程精确性的条件下,从中挑选出有代表性的因素水平。
- 4) 试验表的构造。根据均匀设计的原理和试验样本特征参数分布范围,可以构造出多因素多水平的均匀试验表。
- 5) 统计试验。根据均匀试验表中所规定的各项值,从数据层中选取合适的飞行地理环境数据样本。将这些样本作为算法输入,进行仿真试验,得到相应的算法输出结果。

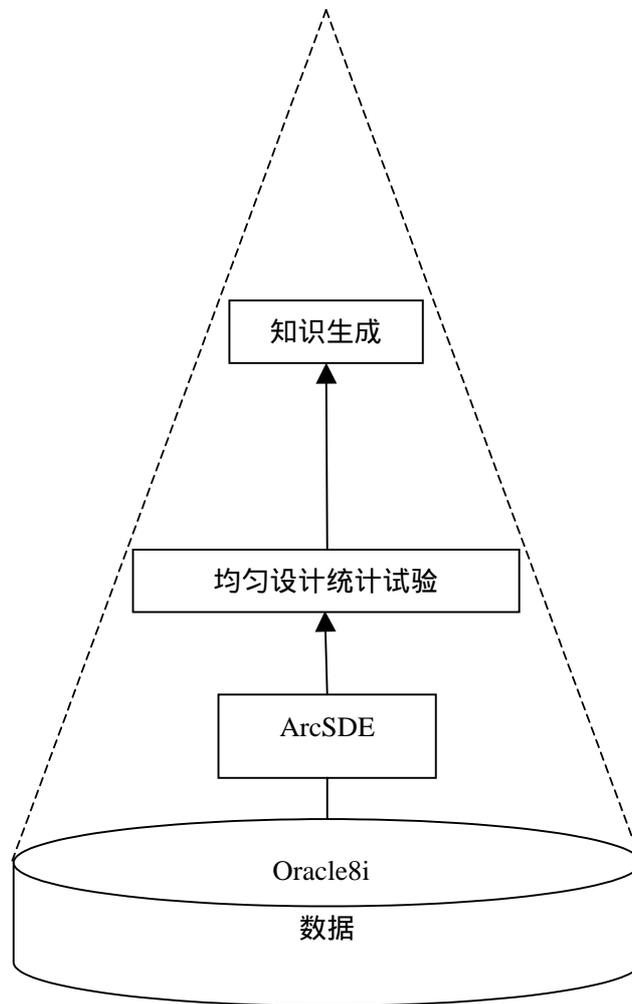


图 2 - 1 基于均匀设计的飞行地理环境分析框架

### 三、 算例结果及分析

图 3 - 1 所示的是从数据库中得到一幅 593 791 图象。需要分析这幅图象的导航性能，对于使用图象辅助导航系统的有控飞行器来说，导航性能可以用互相关算法的匹配概率来表示。按本文提出的分析框架，经过筛选后确定飞行地理环境的特征因素为分形维数、标准差、水平方向相关长度、垂直方向相关长度、水平方向块相似度、垂直方向块相似度、粗糙度和频域收敛度八个参数，构造 8 个因素 28 个水平的均匀设计表，按均匀设计表从图 2 - 1 中选取样本（大小为 32 32）作为互相关算法的输入，得到仿真结果后对其进行回归分析，得到对应于该区域的匹配概率与所选特征因素的经验公式，再用该公式对图 2 - 1 进行空

间分析，最后得到匹配概率分布图，如图 2 - 2 所示。图中越亮的空间位置表示匹配概率越高，导航性能越好；否则导航性能越低。



图 3 - 1 原始飞行地理环境图象

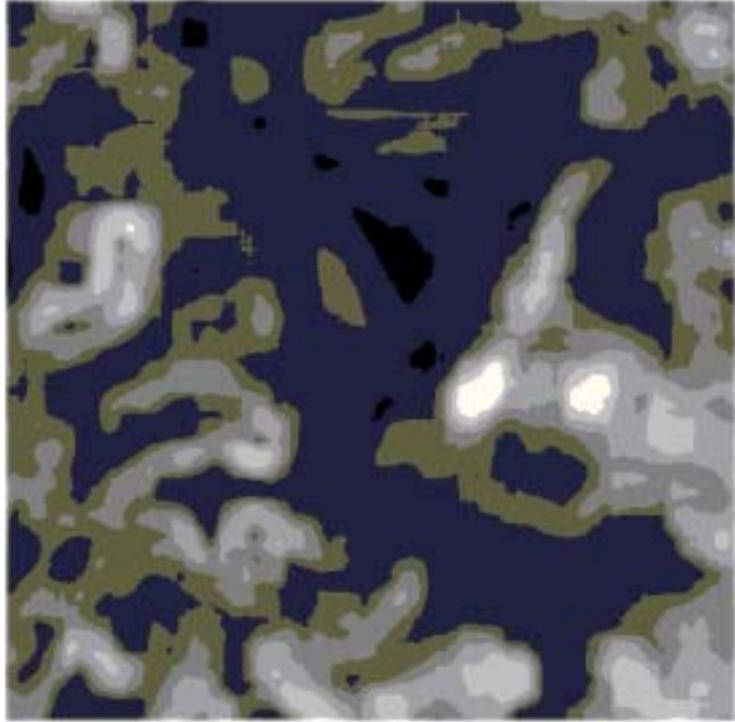


图 3 - 2 导航性分析结果

#### 四、 结束语

本文从飞行地理环境分析的应用背景出发,结合均匀设计原理,提出了基于均匀设计的飞行地理环境分析框架。算例结果表明,给分析框架可以得到满意的结果。

#### 参考文献

- [1] 苏康.面向飞行任务规划的飞行地理环境研究.博士论文,1998.10
- [2] 苏康.基于均匀设计的地形导航性综合评价.均匀设计理论及其应用研讨会论文集,香港浸会大学(Hong Kong Baptist University),1999.10
- [3] 方开泰.均匀设计与均匀设计表.北京:科学出版社,1994.6