# 5 Visual optimization

对于基于属性空间关联特征生成的Voronoi图，本文设计了可视化models对多边形的形状和颜色等视觉元素进行优化，进一步增强视觉感知。

## 5.1 shape optimization for Voronoi Diagram

传统的维诺图是由一组连接两邻点直线的垂直平分线组成的连续多边形组成，其形状设计不规则，数据点的数量和位置直接决定了多边形的个数与位置。但是，当种子点过于密集时，将会生成面积过小、形状狭长的多边形，影响用户对数据的属性特征的感知（perception）。因此，在本文的工作中，我们提出了一种Voronoi图形状优化方法，使生成的泰森多边形结果更加自然。

首先，考虑到种子点与维诺图的多边形是一一对应的关系，我们尝试用更少的种子点样本表示原始数据总体，能够减少结果中产生的多边形数量，简化视觉表达。蓝噪声采样是基于人眼感知仿真设计的一种采样方法，它能获得分布均匀、空间密度保持较好的采样结果[69,71]，很多研究利用蓝噪声采样算法来对数据采样，使采样结果能够良好的保持空间密度分布特征[72,73]，并且很多研究结果表明蓝噪声采样能够得到一个良好的视觉体验效果[74,75]。因此，本文在蓝噪声采样的基础上进行，利用改进后的算法对原始数据进行处理，减少了种子点的数量，避免生成的多边形视觉杂乱，同时也使生成的多边形趋于正多边形，形状更加的有规则。为了防止多边形面积过小阻碍用户感知，即避免出现种子点在局部过于密集的现象，我们在采样时考虑了最小半径的设定，具体表现为在一个已确定的采样点的过近距离内，将不会再选择另一个采样点。这个措施使得每个多边形被保证占有一个最小的面积，从而能够被用户正常地识别。如图\*\*所示为优化后的维诺图结果，在结果我们经过改进蓝噪声采样的算法不仅具有较高的空间关联性，在视觉效果上也明显优于其他算法。

## 5.2 color optimization for Voronoi Diagram

同时，我们对维诺图的各个多边形进行颜色编码，用以表示它所覆盖范围内原始数据点的属性值均值。前面的算法中我们使生成的Voronoi多边形内部属性值之间具有较高的空间关联性，进一步地为了帮助用户更好地对属性进行区域性特征和差异分析，我们优化了属性颜色的映射规则，提供离散和连续映射两种颜色映射方案供用户选择。

<说明 by Zhendong>

Jenks自然间断分级算法是一种用于将数据集划分为一定数量类别的标准方法[70]，该算法认为数据本身有断点，可利用数据这一特点分级，能够使得类内差异最小（即组内方差最小）,类间差异最大（即组内方差最大）[76]。在离散映射中，我们根据Jenks算法的特点，将属性值非线性地映射到了若干个区间，并对每一个区间进行统一的颜色编码。具体的，首先对原始数据使用 Jenks 自然断点法得到色彩表控制点对应的初始值。然后根据当前控制点对应值的区间边界，选取边界范围内的数据点作为优化目标，最大化目标点与其邻域内其他数据点之间的颜色差异。同时对控制点对应数据值范围进行限制，从而得到优化后的控制点对应数据值。最终将赋值到色彩表的控制点作为区间的边界值，区间内其他数据值的色彩则通过对应区间内的线性映射计算得到。自然间断法的引入在不破坏映射前后的相对大小关系的前提下，突出了区域间的差别，增强了维诺图的表达能力。如图\*\*所示为优化后的结果，我们在该优化基础上的结果明显使每个面片的特征得以更好的展示面片之间也有了更为明显的区分。

在连续映射中，我们根据原始数据的分布，向用户推荐一个指数改变值的映射。

<新增 by Zhendong>

## 5.3 User Interaction optimization

（老师，这一节还需要吗？）

我们在系统上设计了大量灵活的交互设计，用户可以有目的性的进行采样算法的切换，结果对比以及维诺图优化生成的控制，具体如下：

我们在……