

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПОДОБЛАСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР В МОНОЛИТНЫЕ ДЕТАЛИ

Ковалева И.Л., Маканов Д.В., Полозков Ю.В.
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Задача перепроектирования монолитных деталей в легковесные путем интеграции ячеистых структур включает этап определения областей для интеграции. В качестве областей интеграции ячеистых структур можно использовать наименее нагруженные места в теле детали, выявленные в результате конечно-элементного анализа ее напряженно-деформированного состояния [1]. Однако найденные области могут иметь форму и размеры, не соответствующие интегрируемым ячеистым структурам. Поэтому предлагается выполнить процедуру разделения найденных областей на подобласти, представляющие собой выпуклые многогранники, в идеальном случае параллелепипеды.

Процедуру разделения областей на подобласти можно трактовать как задачу кластеризации. В этом случае объектами кластеризации будут являться узловые точки пирамидальных конечных элементов. В процессе кластеризации требуется сформировать оптимальное количество кластеров, которые затем можно будет преобразовать в элементы заданной формы. Количество классов заранее не известно, начальные точки для кластеризации также не известны. Исходя из этих условий, для кластеризации был выбран алгоритм агломеративной иерархической кластеризации Ланса – Уильямса. Основные этапы алгоритма приведены на рисунке 1.

- 1: инициализировать множество кластеров C_1 :
 $t := 1; C_t = \{\{x_1\}, \dots, \{x_l\}\};$
- 2: **для всех** $t = 2, \dots, l$ (t – номер итерации):
- 3: найти в C_{t-1} два ближайших кластера:
 $(U, V) := \arg \min_{U \neq V} R(U, V);$
 $R_t := R(U, V);$
- 4: изъять кластеры U и V , добавить слитый кластер $W = U \cup V$:
 $C_t := C_{t-1} \cup \{W\} \setminus \{U, V\};$
- 5: **для всех** $S \in C_t$
- 6: вычислить расстояние $R(W, S)$ по формуле Ланса-Уильямса:

Рисунок 1 – Алгоритм Ланса-Уильямса

С помощью этого алгоритма можно выполнить кластеризацию на любое число классов. Одним из подходов, на основании которого можно

определять требуемое количество классов, если их число заранее не известно, – это выполнить оптимальную кластеризацию, т.е. кластеризацию на основании заданных критериев. С точки зрения гипотезы компактности в качестве критериев можно использовать критерий, описывающий среднее расстояние внутри классов для классификации, и критерий, определяющий среднее расстояние между классами для классификации. Эти критерии характеризуют степень компактности сформированных классов. На основании этих локальных критериев был разработан обобщенный аддитивный критерий. Чем меньше значение обобщенного критерия, тем лучше кластеризация. Примеры работы алгоритма кластеризации приведены на рисунке 2.

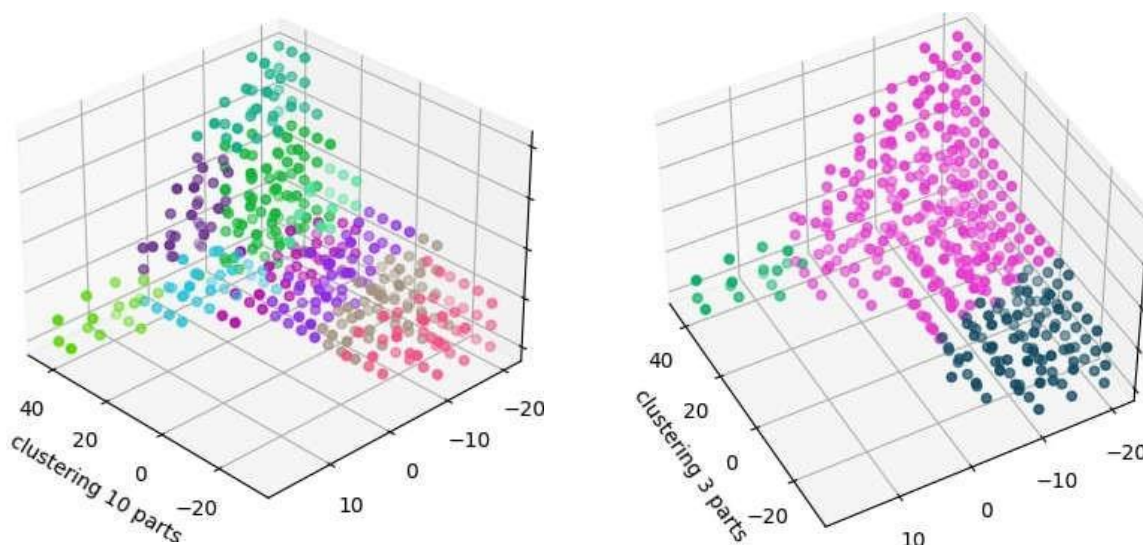


Рисунок 2 – Результаты работы алгоритма кластеризации при различных параметрах

Алгоритм реализован на языке Python. Основными модулями являются: Main.py, PointWorker.py, Cluster.py, Point.py, DistanceWorker.py.

Анализ результатов кластеризации показывает принципиальную возможность разбиения исходных областей на простые подобласти для дальнейшей интеграции ячеистых структур. Однако наличие границ детали накладывает ограничение по условию формирования выпуклых многоугольников, в частности, параллелепипедов, из множества точек, объединенных в кластеры. Поэтому целесообразно доработать обобщенный критерий кластеризации с учетом ограничений, обусловленных границами деталей.

1. Ковалева И. Л. и др. Топологическая оптимизация конструктивной геометрии легковесных деталей //Системный анализ и прикладная информатика. – 2022. – №. 3. – С. 50-55.