

**Способ выделения асимптотически сходящихся пучков в выборках
многомерных траекторий движения с использованием полярной кривизны**

М.О. Солнцева-Чалей¹, Б.Г. Кухаренко^{1,2}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет),

² Институт машиноведения РАН

В результате анализа многомерных пространственных траекторий движения объектов к определённым (заданным, одинаковым) целям возможно выделение, так называемых, пучков траекторий. Например, пучков траекторий, соответствующих посадкам самолётов на заданные взлётно-посадочные полосы (ВПП). В этом случае, параметр порога, которым определяется схождение пучка траекторий, не превышает ширины ВПП.

Формально пучок траекторий $\mathbb{N}_k, k = \overline{1, K_0}$ (K_0 – эмпирический параметр) считается асимптотически сходящимся с параметром порога, если для векторов $\{\mathbf{x}[i] \in \mathbb{R}^{3 \times L}, i \in \mathbb{N}_k\}$, представляющих траектории пучка $\mathbb{N}_k, k = \overline{1, K_0}$, выполняется условие асимптотического схождения пучка:

$$\forall (i, j) \in \mathbb{N}_k, \|\mathbf{x}[L_i; i] - \mathbf{x}[L_j; j]\|_2 < \varepsilon,$$

где $\forall i \in \mathbb{N}_k, \mathbf{x}[L_i; i]$ – координаты конечных точек траекторий, которые почти совпадают (параметры $L_i, i \in \mathbb{N}_k$ подлежат определению), $\|\cdot\|_2$ – евклидова мера расстояния в трехмерном пространстве \mathbb{R}^3 , ε – параметр порога.

Асимптотически сходящиеся пучки траекторий выделяются в выборке 38 траекторий посадки самолётов, полученной в результате первичного разбиения набора 117 посадочных траекторий по методу полиномиальных регрессий на основе евклидовой меры расстояния [1], в результате применения спектрального метода с использованием полярной кривизны (см. Рис.1). При этом выборка многомерных векторов моделируется объединением d -мерных аффинных подпространств [2], а подобие векторов оценивается многомерным тензором близости порядка $(d + 2)$, который разворачивается в матрицу близости (подобия) векторов, и анализируется спектральным методом [3].

В выделенных пучках определяются центральные и, так называемые, посторонние (граничные или потенциально опасные) траектории (см. Рис. 1). Посторонние траектории наиболее удалены от центральных по мере косинуса, которая является экспериментальной мерой сходства траекторий движения, учитывающей особенности пространственной геометрии многомерных траекторий (их пересечения, кривизну и кручение).

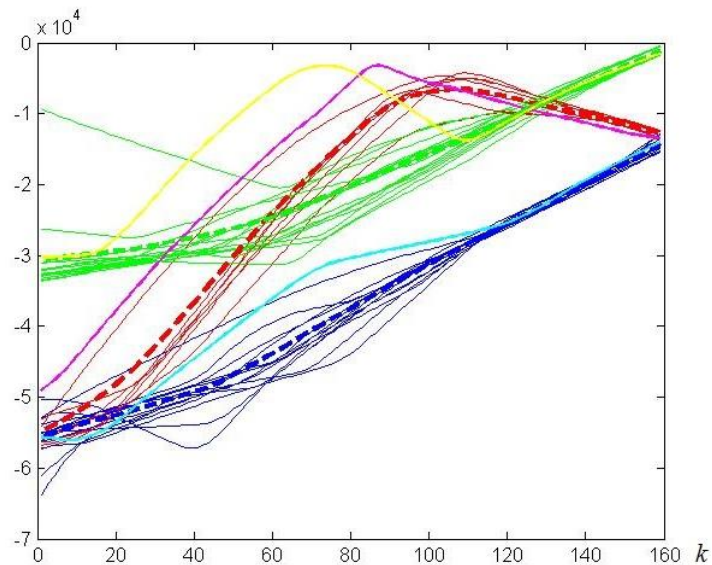


Рис.1. Спектральная кластеризация x -проекции траекторий анализируемой выборки. Пунктиром обозначены центральные траектории. Жёлтым, розовым и голубым цветом выделены посторонние траектории в выделенных зелёном, красном и синем пучках соответственно.

Литература

1. Кухаренко Б.Г., Солнцева М.О. Кластеризация управляемых объектов на основе сходства их многомерных траекторий. // Информационные технологии. 2014. №5. С.3–7.
2. Zhang T., Szlam A., Wang Y., Lerman G. Hybrid linear modeling via local best-fit flats. // International Journal of Computer Vision. 2012. V.100, No.3. P.217–240.
3. Ng A., Jordan M., Weiss Y. On spectral clustering: Analysis and an algorithm. / Dietterich T., Becker S. Ghahramani Z., eds. Advances in Neural Information Processing Systems. Cambridge, MA: MIT Press. 2002. V.14. P.1-8.