

В работе представлена оценка территориальных различий уязвимости населения Москвы к потенциальным природным и техногенным опасностям. В отличие от существующих подходов [3], опирающихся на данные официальной статистики, существенно понижающих их прагматическую значимость, в данном исследовании анализируются данные сотовых операторов. Это позволило получить более точные оценки распределения населения по территории города Москвы. Применение процедур кластерного анализа позволило выявить потенциально наиболее уязвимые районы Москвы, проведена их группировка по шести типам, см. таблица 1.

Среди множества основных факторов уязвимости крупнейших городов к природным и техногенным опасностям [2], [4], [5], [6], в данном исследовании акцент делался на высокой плотности и интенсивной мобильности населения.

В распоряжении исследователей были обезличенные данные сотовых операторов о положении абонентов в ячейках размером 500x500 м в Москве за 2019 год с временным тактом 30 минут. На базе этих данных согласно выбранным метрикам уязвимости формировался вектор характеристик района Москвы. Рассматривалось 146 районов.

$$X^i = \begin{bmatrix} x_1^i \\ x_2^i \\ x_3^i \end{bmatrix}, i=1..146$$

x_1^i – медианная плотность населения по данным сотовых операторов,

x_2^i – отношение численности населения района по данным Росстата к медианному суточному значению численности населения по данным сотовых операторов,

x_3^i – общий суточный градиент (отношение максимального значения численности населения по данным сотовых операторов к минимальному).

Для выявления однородных групп использовались иерархические процедуры классификации [1]. Анализ дендрограмм и поведения функции межкластерных расстояний указывают на число кластеров, равное шести. Дополнительно проводились исследования на базе метода *K*-средних с перебором потенциального числа кластеров от 1 до 146 с последующим анализом совокупных расстояний элементов до центров кластеров. Исследовалась также устойчивость кластеров при многократном прогоне процедуры *K*-средних для числа кластеров, равным шести, см. рис.1.

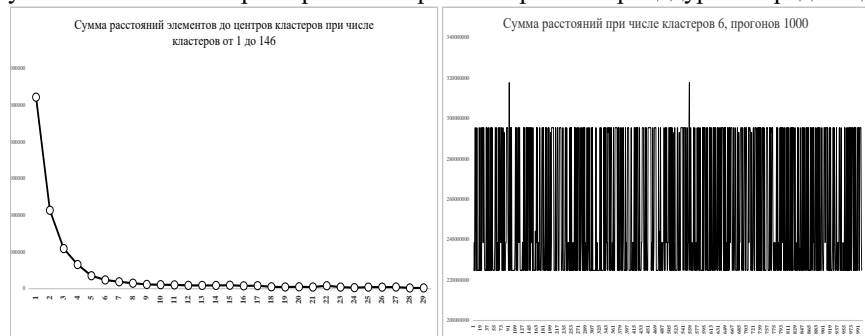


Рис. 1. Результаты экспериментов по оценке количества кластеров и устойчивости на базе процедуры *K*-средних

Таблица 1.

Характеристики выявленных кластеров						
Кластер (тип района)	Характерный район, размер кластера	Плотность населения	Внутридневные градиенты	Отклонение данных от официальной статистики	от	
Transit residential (1)	Марьино, 24	высокая	средний	низкое		
High-density residential (2)	Южное Бутово, 54	высокая	средний	низкое		
Low-density residential (3)	Люблино, 27	средняя/относительно низкая	средний	низкое		
Center (4)	Тверской, 6	очень высокая	очень высокий	низкое в ночное время/высокое в дневное время		
Subcenter (5)	Беговой, 16	высокая	высокий	низкое в ночное время/высокое в дневное время		
Low-density peripherals (6)	Внуково, 19	низкая	низкий	высокое		

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989.
2. Замятина Н.Ю., Медведков А.А., Поляченко А.Е. и др. Жизнестойкость арктических городов: анализ подходов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020, № 3.
3. Земцов С.П., Шартова Н.В., Константинов П.И., Варенцов М.И., Кидяева В.М. Уязвимость населения районов Москвы к опасным природным явлениям. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020;(4):3-13.
4. Alexander, D. (2012). Models of social vulnerability to disasters. RCCS Annual Review. A selection from the Portuguese journal Revista Crítica de Ciências Sociais, (4).
5. Carlson J.L., Haffenden R., Bassett G. et al. Resilience: theory and application. Argonne National Lab., Argonne, IL, 2012. DOI: 10.2172/1044521.
6. World Risk Report 2020. <http://weltrisikobericht.de/english/>