

УДК 614.84:31

eaozhegov@bk.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫМИ СОБЫТИЯМИ
В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**APPLICATION OF CLUSTER ANALYSIS IN SOLVING TASKS MANAGEMENT
OF FIRE HAZARDOUS EVENTS IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS**

*Шидловский Г. Л., кандидат технических наук, доцент,
Дали Ф. А., кандидат технических наук, доцент,
Лебедев А. Ю., кандидат технических наук,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург,
Ожегов Э. А., кандидат технических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Shidlowski G., Dali F., Lebedev A.,
Saint-Petersburg university of State fire service
of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg
Ozhegov E.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье описано применение кластерного анализа в решении задач управления пожароопасными событиями в социально-экономических системах. Результаты моделирования показали, что в зависимости от факторов, определяющих пожарную обстановку на территории, можно дать оценку пожарной опасности в регионе. Предлагаемый подход позволит спланировать необходимые противопожарные мероприятия в составе единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на различных уровнях.

Ключевые слова: объекты защиты, пожарная обстановка, территории, жилой сектор, социально-экономическая система, кластерный анализ.

This work is devoted to the application of cluster analysis in solving tasks of managing fire hazardous events in socio-economic systems. The simulation results showed that, depending on the factors that determine the fire situation in the territory, it is possible to assess the fire hazard in the region. The proposed approach will allow planning the necessary fire-fighting measures as part of a unified state system for the prevention and elimination of emergencies at various levels.

Keywords: objects, fire situation, territories, living sector, socio-economic system, cluster analysis.

Прогнозирование развития пожароопасных событий – актуальный вопрос в сфере повышения безопасности граждан, защиты их имущества, а также снижения рисков и угроз на различных объектах социально-экономической системы. Специфика прогнозирования такова, что при управлении пожароопасными событиями на рас-

сматриваемых объектах социально-экономической системы, особенно для крупных и сложных объектов, требуется большое количество справочной информации и расчетных методов моделирования обстановки, тем более в условиях чрезвычайной ситуации [1].

Большое значение имеют вопросы, связанные с моделированием ситуаций в местах расположения объектов пожарной

опасности с прилегающими населенными пунктами, которые в свою очередь являются источником пожароопасного события для жилого сектора (активов) социально-экономической системы как, например, населенные пункты, граничащие с лесными массивами. Такие объекты требуют постоянного совершенствования эффективности управления пожароопасными событиями [2].

Чтобы определить участки территории одного из регионов Российской Федерации, которые больше всего подвержены риску (вероятности) наступления и развития пожароопасных событий в жилом секторе сельских поселений социально-экономической системы предлагается провести кластерный анализ [3, 4].

В работах [5, 6] было предложено использование кластерного анализа при описа-

нии территорий по характеристикам пожарной опасности. Результаты исследования показали эффективность своего применения в одной из стран Юго-Восточной Азии. В качестве факторов пожарной опасности, учитывались: конструктивные особенности зданий и строений, особенности климата и рельефа местности, текущие условия погоды, частота возникновения пожаров, наличие и качество противопожарных средств, а также системные факторы, такие как социально-экономические, демографические, организационно-управленческие и материально-технические (относящиеся к деятельности противопожарной службы) [6].

Применительно к сельским поселениям такой подход с системой показателей социально-экономической системы делает его весьма интересным [7].

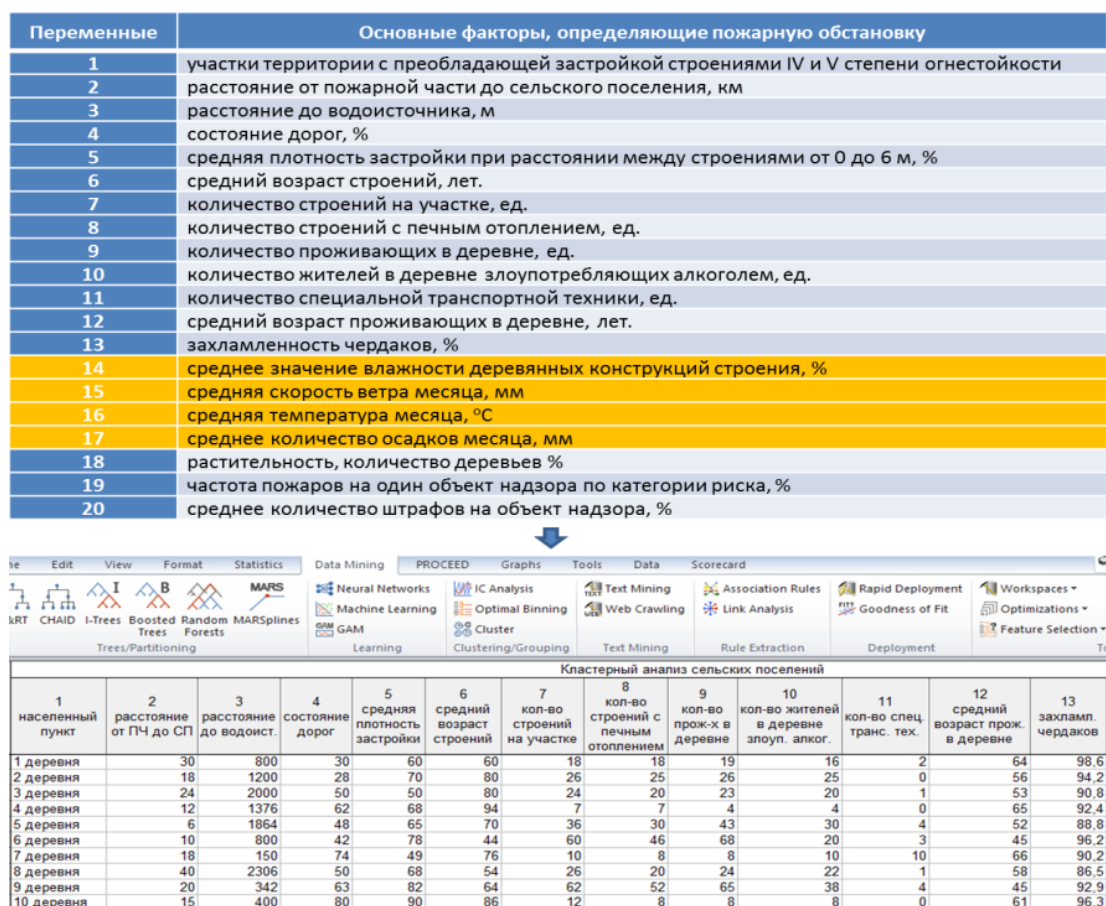


Рисунок 1. Исходные данные (усредненные показатели факторов, определяющие пожарную обстановку в сельских поселениях жилого сектора Ленинградской области)

При постановке задачи учитываются данные, содержащиеся в двумерной мат-

рице размером $n \cdot f$ (где n – участки территории с преобладающей застройкой строе-

ниями 4 и 5 степени огнестойкости, f – факторы, влияющие на пожарную обстановку в регионе). Участки n разбиваются на кластеры (достаточно однородных подгрупп) $Q_1, Q_2, \dots, Q_m$ так, что каждый объект принадлежал определенной «рисковой» группе.

Исходя из анализа исследования эмпирических данных, определяющих пожарную обстановку в пространстве и во времени на территориях сельских поселений (жилого сектора) социально-экономической системы, в качестве входных параметров были приняты во внимание следующие источники информации (рис. 1).

Значения, которые образуют похожие связи, характеризуются одинаковой вероятностью наступления пожароопасного случая. После чего можно дать оценку [4].

В любом алгоритме кластерного анализа необходимо рассчитать диапазон длины между объектами и объединить измерения.

Представленные данные имеют разные измерительные величины, поэтому их стоит унифицировать так, чтобы величина находилась в диапазоне от 0 до его стандартного отклонения 1. Сведения с унифицированными величинами приведены на рис. 2.

Кластерный анализ сельских поселений

населенный пункт	расстояние от ПЧ до СП	3 расстояние до водост.	4 состояние дорог	5 средняя плотность застройки	6 средний возраст строений	7 кол-во строений на участке	8 кол-во строений с печным отоплением	9 кол-во прож-х в деревне	10 кол-во жителей в деревне зпуп. алког.	11 кол-во спец. транс. тех.	12 средний возраст прож. в деревне	13 захламл. чердаков	14 средн. знач. влажн. дер. констр. строения	15 средняя скорость ветра	16 средняя температура месяца
1 деревня	1,06757107	-0,4311713	-1,318397	-0,61118	-0,702095	-0,520491	-0,3477324	-0,42932	-0,318840993	-0,16317849	0,969593431	1,5800846	0,789099604	1,1556636	0,799670985
2 деревня	-0,1297049	0,10146773	-1,434555	0,152795	0,5980811	-0,1082209	0,10303181	-0,12266	0,550725352	-0,81589244	-0,064639562	0,4037103	-0,22909343	-0,543842	-0,088852332
3 деревня	0,468933088	1,16674569	-0,156814	-1,375155	0,5980811	-0,2112884	-0,2189426	-0,25409	0,0676329379	-0,48953546	-0,452476934	-0,505306	-0,48364169	-1,393594	1,24393264
4 деревня	-0,72834288	0,33582888	0,540136	0	1,5082045	-1,0873625	-1,0560761	-1,08644	-1,47826279	-0,81589244	1,09887255	-0,077534	1,29819612	1,1556636	-0,977375648
5 деревня	-1,32698087	0,98564844	-0,272972	-0,229192	-0,052007	0,40711675	0,42500623	0,622073	1,03381777	0,489535464	-0,581756058	-1,040022	-1,24728647	-0,713792	-1,86589896
6 деревня	-0,92788888	-0,4311713	-0,621447	0,7639749	-1,742236	1,64392712	1,45532438	1,717273	0,0676329379	0,163178488	-1,48670993	0,9384259	0,025454826	-1,053693	0,799670985
7 деревня	-0,1297049	-1,2967096	1,2370858	-1,451552	0,3380458	-0,9327612	-0,9916812	-0,91121	-0,89855189	2,44767732	1,22815168	-0,665721	-0,99273821	1,3256142	-0,088852332
8 деревня	2,06530105	1,57421451	-0,156814	0	-1,092148	-0,1082209	-0,2189426	-0,21028	0,260869903	-0,48953546	0,193918686	-1,654945	1,29819612	-0,03399	-0,977375648
9 деревня	0,069841098	-1,0410429	0,5982152	1,0695648	-0,44206	1,74699465	1,84169368	1,585849	1,80676563	0,489535464	-1,48670993	0,0561451	0,789099604	-0,543842	0,799670985
10 деревня	-0,42902389	-0,9638102	1,5855606	1,6807447	0,988134	-0,8296936	-0,9916812	-0,91121	-1,09178886	-0,81589244	0,581756058	0,9651617	-1,24728647	0,645812	0,355409327

Рисунок 2. Стандартизованные переменные

Cluster Analysis: Joining (Tree Clustering): Spreadsheet1

Quick | Advanced

Variables: ALL

Input file: Raw data

Cluster: Cases (rows)

Amalgamation (linkage) rule: Complete Linkage

Distance measure: Euclidean distances

Batch processing and reporting: ☐

MD deletion: ☒ Casewise ☐ Mean substitution

Рисунок 3. Выбор диапазона измерений

Сначала следует понять, образуют ли сельские поселения «однородные» кластеры. Задачу можно решить с помощью

программного софта STATISTICA®, который позволяет задавать диапазон измерений

и способ, определяющий расстояние между кластерами (рис. 3).

Измерения определяются евклидовой длиной в n -мерном пространстве и рассчитываются:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}.$$

Основным результатом является получение кластерно-иерархического дерева (рис. 4). Можно визуально увидеть, что населенные пункты, которые ближе всего находятся друг с другом формируют кластеры. Практически на всех участках на дереве образуется по два кластера.

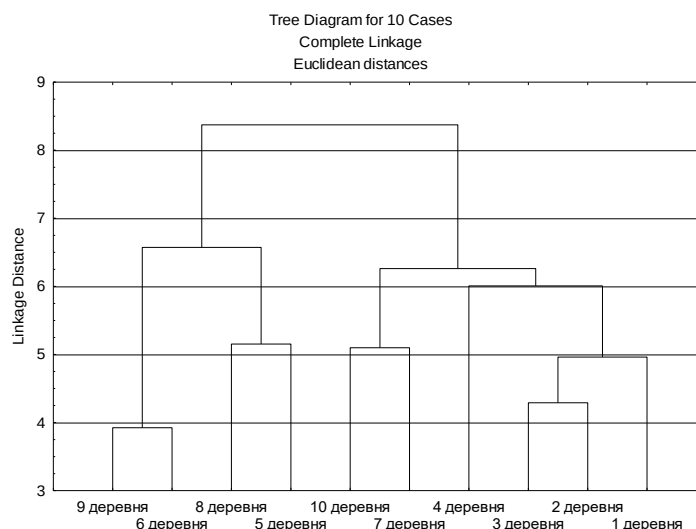


Рисунок 4. Кластерное дерево

После экспертного изучения можно сделать предположение, что по пожарной опасности сельские поселения образуют че-

тыре однородных кластера. Это можно проверить путем, разбивки исходных сведений методом К-средних и понять важность и однородность между группами (рис. 5).

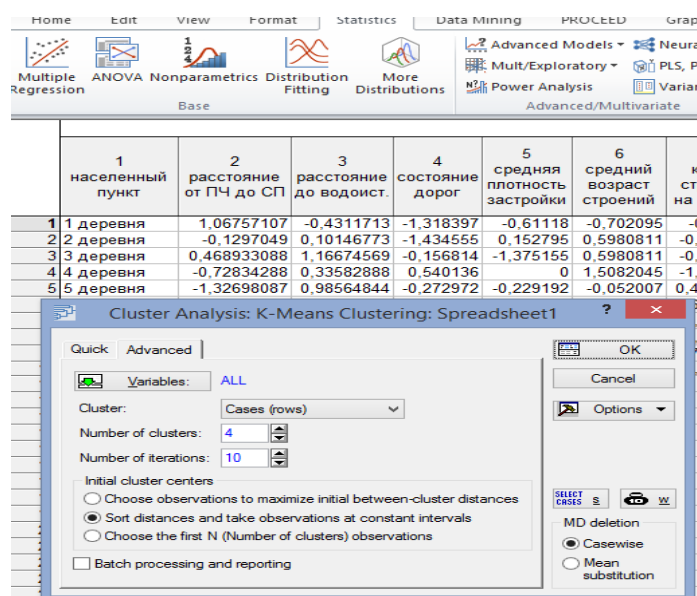


Рисунок 5. Разбивка исходных сведений методом К-средних

Когда проведен анализ, можно рассчитать средние показатели по каждому кластеру с целью дать оценку, насколько они отличаются друг от друга. В конечном счете, величины $p < 0.09$, что говорит о важности

отличия (рис. 6). В каждом из возможных кластеров находятся объекты с подобными эффектами на процесс развития пожароопасного события.

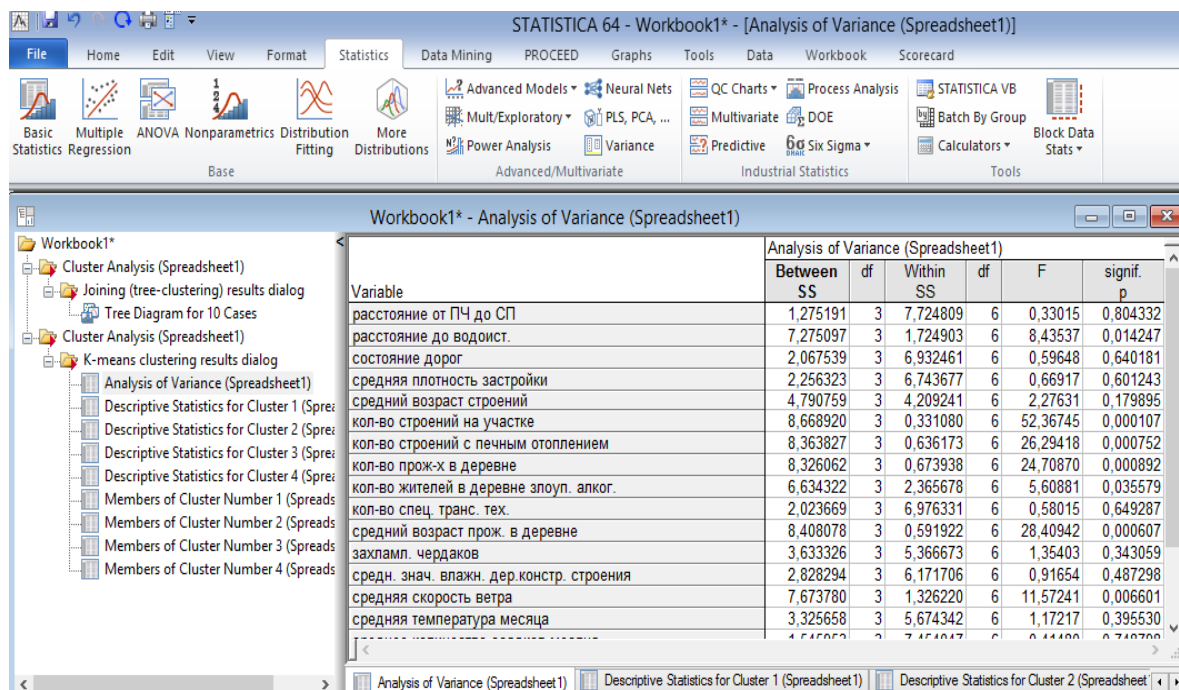


Рисунок 6. Вычисление важности отличия между кластерами

Для каждого кластера экспертом (специалистом) может быть определена вероятность наступления пожароопасного события в жилом секторе сельских поселений социально-экономической системы от возможного пожара.

Результаты расчетов показали, что рассматриваемую территорию условно

можно разделить на несколько кластеров пожарной опасности в зависимости от факторов, определяющих пожарную обстановку в сельских поселениях жилого сектора (социально-экономических, организационно-управленческих, материально-технических и т. д.) (табл. и рис. 7).

Таблица
Кластеры пожарной опасности

Кластеры пожарной опасности	Н	С	В	Ч
Уровень пожарной опасности	низкий	средний	высокий	чрезвычайный
Цветовая гамма				



Рисунок 7. Кластеры пожароопасности Ленинградской области

Таким образом, с помощью кластерного анализа можно определить количество населенных пунктов и количество домов,

попадающих в зону возможного риска развития пожароопасных событий.

Литература

1. Абдулалиев Ф. А., Иванов А. В. Описание развития пожара в сельских населенных пунктах на основе перколяционного процесса с использованием нейронных сетей // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2012. № 1.
2. Абдулалиев Ф. А., Моторыгин Ю. Д. Описание развития пожара с помощью перколяционной модели // Пожаровзрывобезопасность. 2011. № 8. Т. 19.
3. Хайдуков Д. С. Применение кластерного анализа в государственном управлении // Философия математики: актуальные проблемы. М., 2009. 287 с.
4. URL: <http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches>.
5. Минаев В. А., Топольский Н. Г., Дао Ань Туан. Проблемы и основные факторы оценки пожарных рисков во Вьетнаме // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 1 (65). С. 9.
6. Минаев В. А., Топольский Н. Г., Дао Ань Туан. Типологизации территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности в секторе хозяйствующих субъектов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2017. № 4. С. 8–16.
7. Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М. Оценка рисков пожаров и катастроф // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1992. Вып. 1. С. 13–39.

References

1. Abdulaliev F. A., Ivanov A. V. Description of the development of a fire in rural settlements based on the percolation process using neural networks // Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia. 2012. № 1.
2. Abdulaliev F. A., Motorygin Yu. D. Description of the development of a fire using a percolation model // Pozharovzryvobezopasnost. 2011. No. 8. Vol. 19.

3. Khaidukov D. S. Application of cluster analysis in public administration // Philosophy of mathematics: topical problems. M., 2009. 287 p.
4. URL: <http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches>.
5. Minaev V. A., Topolsky N. G., Dao An Tuan. Problems and main factors for assessing fire risks in Vietnam // Technosphere Safety Technologies. 2016. Issue. No. 1 (65). P. 9.
6. Minaev V. A., Topolsky N. G., Dao An Tuan. Typologization of Vietnamese territories by fire hazard characteristics in the sector of economic entities // Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia. 2017. № 4. P. 8–16.
7. Brushlinsky N. N., Glukhovenko Yu. M. Assessment of risks of fires and catastrophes // Security problems in emergency situations. M., 1992. P. 13–39.