

Кластерный анализ как инструмент управления пожароопасными событиями в социально-экономических системах населенных пунктов

Ф.А. Дали

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация: Работа посвящена актуальной проблеме, а именно - управлению пожароопасными событиями в населенных пунктах путем применения кластерного анализа. Кластерный анализ позволяет провести систематизацию данных. Результаты исследования показали, что с помощью определенных факторов, определяющих пожарную обстановку на территории, можно оценить пожарную опасность в населенном пункте. Кластерный подход в решении задачи управления пожароопасными событиями позволит спланировать мероприятия в составе единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на различных уровнях.

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

Введение

Прогнозирование развития пожароопасных событий является актуальным вопросом в сфере повышения безопасности граждан, защиты их имущества, а также снижения рисков и угроз на различных объектах социально-экономической системы [1,2]. Специфика прогнозирования такова, что при управлении пожароопасными событиями на рассматриваемых объектах социально-экономической системы требуется большое количество справочной информации и расчетных методов моделирования обстановки, тем более в условиях чрезвычайной ситуации [3,4].

Рассматриваются 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 социально-экономической системы

требуют постоянного совершенствования эффективности управления пожароопасными событиями [5].

В Российской Федерации ситуация с пожарами сложная и требует постоянного внимания со стороны государства [6]. В качестве демонстрационного объекта в исследовании был выбран регион «Ленинградская область». Рассматриваемый регион играет важную роль в социально-экономическом и стратегическом аспекте устойчивого развития страны. Ситуация с пожарами в Ленинградской области сложная, поэтому со стороны государства необходимо внимательно и трепетно относиться к вопросу защищенности граждан и объектов социально-экономической инфраструктуры.

Для того, чтобы определить участки территории Ленинградской области, которые больше всего подвержены риску (вероятности) наступлению и развитию пожароопасных событий, в жилом секторе сельских поселений социально-экономической системы предлагается провести «кластерный анализ» [7].

Кластерный анализ включает в себя различные математические процедуры, и позволяет систематизировать информацию в сравнительно однородные группы [8].

В работах [2,7] было предложено использование кластерного анализа при описании территорий по характеристикам пожарной опасности. Результаты исследования показали эффективность своего применения в одной из стран юго-восточной Азии. В качестве факторов пожарной опасности, учитывались особенности объектов строительства, метеорологические и географические условия, противопожарные мероприятия и т.д. [9]. Применительно к сельским поселениям такой подход с системой показателей позволяет дать оценку пожарной опасности на территории населенных пунктов. Отличительной чертой ряда сельских поселений России

является их удаленность от районных центров, что влечет за собой их труднодоступность с точки зрения обеспечения пожарной безопасности и своевременного прибытия пожарных подразделений.

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):

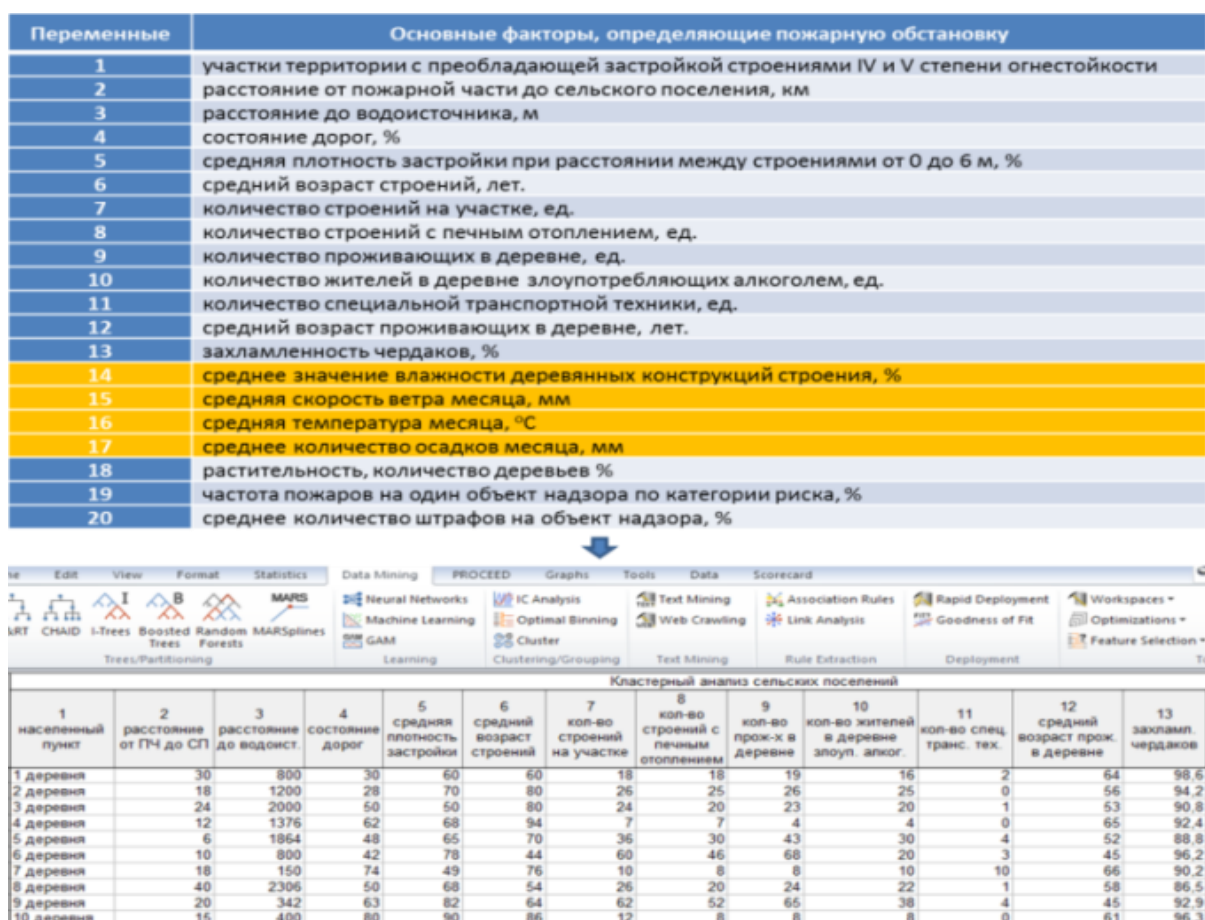
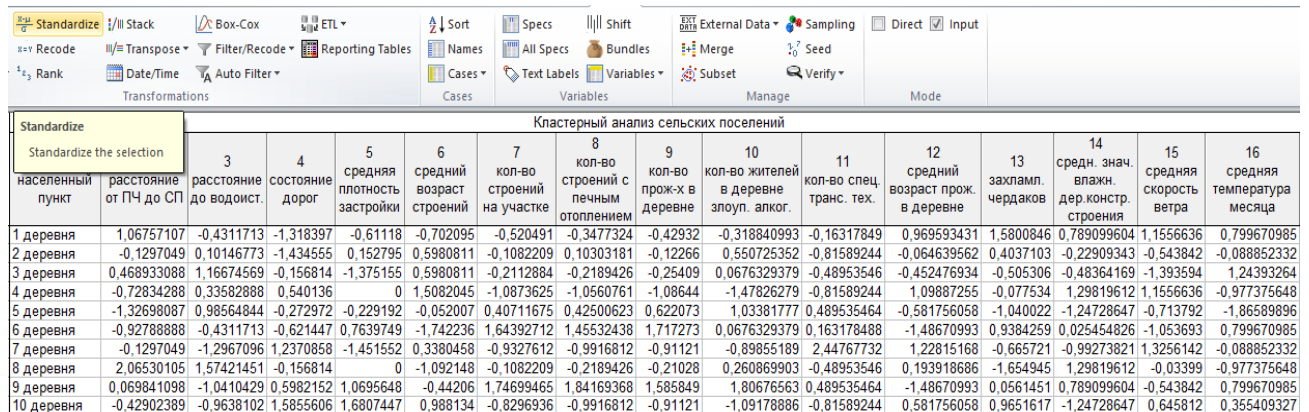


Рис. 1. – Исходные данные (усредненные показатели факторов, определяющие пожарную обстановку в сельских поселениях жилого сектора Ленинградской области)

С помощью кластерного анализа можно разбить сельские населенные пункты на определенное количество «кластеров». Каждый кластер

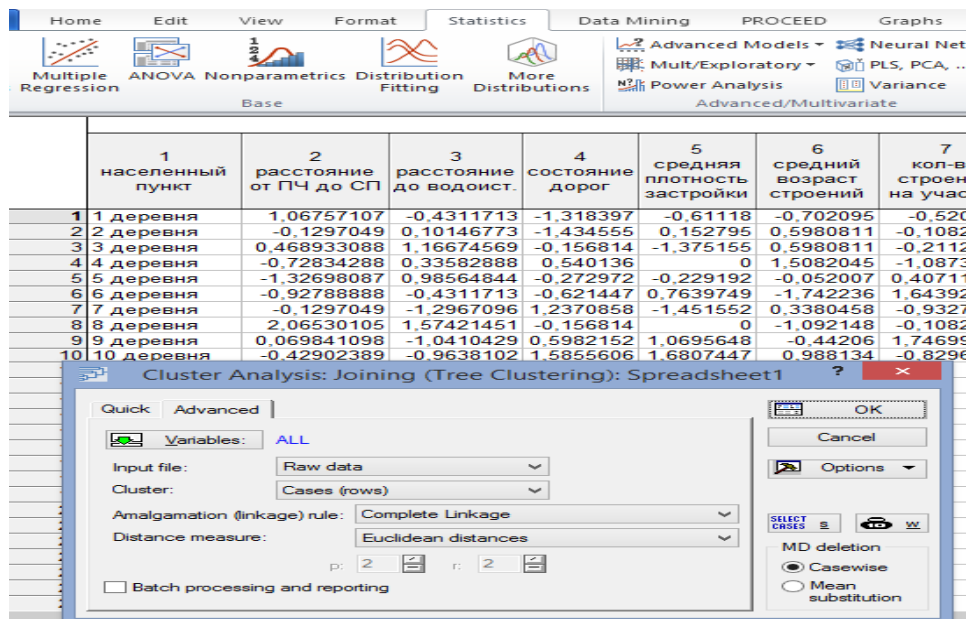
характеризуется своим определенным показателем «пожароопасности», т.е. вероятностью наступления пожароопасного случая [1].

Чтобы оценить расстояние между кластерами, задается масштаб измерений. Все данные имеют свою единицу измерения, следовательно, значения усредняются до 0 со стандартным отклонением 1 (рис. 2.).



населенный пункт	расстояние от ПЧ до СП	3 расстояние до водоист.	4 состоянии 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 з/оуп. алког.	11 кол-во спец. транс. тех.	12 средний возраст прож. в деревне	13 захламп. 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	-0,98855189	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

Рис. 2. – Стандартизованные переменные



The screenshot shows the 'Cluster Analysis: Joining (Tree Clustering): Spreadsheet1' dialog box in STATISTICA. The 'Variables' field is set to 'ALL'. The 'Input file' is 'Raw data'. The 'Cluster' method is 'Cases (rows)'. The 'Amalgamation (linkage) rule' is 'Complete Linkage'. The 'Distance measure' is 'Euclidean distances'. The 'p' and 'r' values are both set to 2. The 'Batch processing and reporting' checkbox is unchecked. The 'MD deletion' options are 'Casewise' (selected) and 'Mean substitution'.

Рис. 3. – Выбор масштаба и метода измерений

С помощью программного софта STATISTICA® можно определить расстояние между кластерами (рис.3) [10]. Мера сближения определяется евклидовым расстоянием, в n - мерном пространстве:

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

В результате математического преобразования образуется «иерархическое дерево» (рис. 4). На дереве видно, что объекты объединяются и формируют кластеры. Положение узлов на вертикальной оси определяет расстояние.

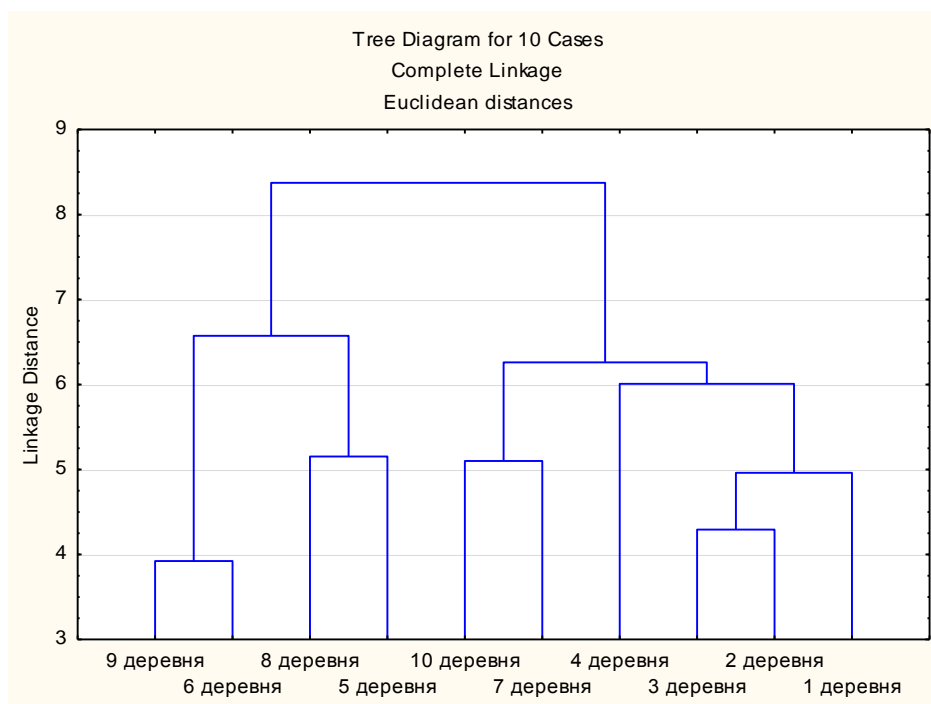


Рис.4 – Иерархическое дерево

Наблюдения показали, что на рассматриваемой территории образовались четыре кластера. С помощью метода «К-средних» можно проверить значимость различия между полученными данными (рис.5).

Каждое наблюдение в «К» методе минимизирует большие объемы информации. После изменения состава кластера рассчитывается вектор средних значений по каждому параметру. Алгоритм продолжается до тех пор, пока состав кластеров не перестанет меняться.

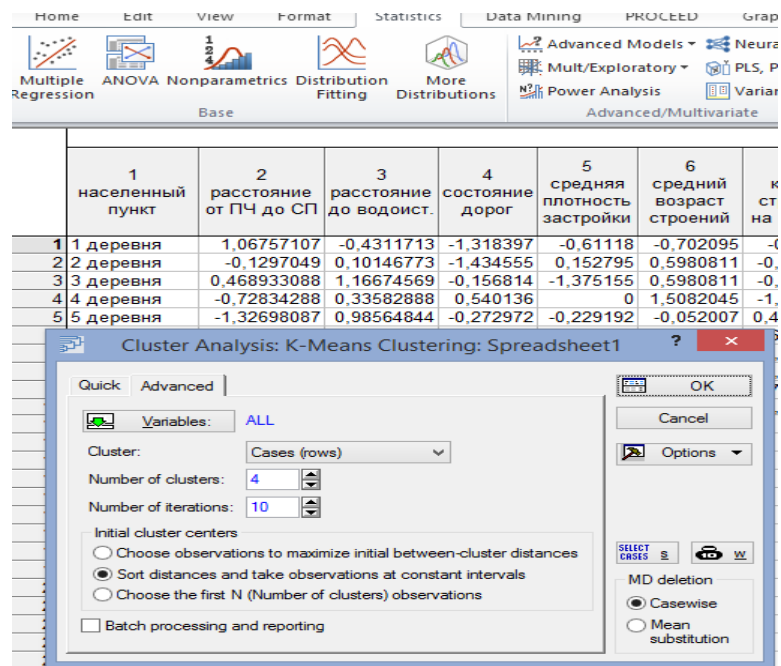


Рис. 5 – Разбиение исходных данных методом «К-средних»

После этой процедуры можно рассчитать среднее значение показателей по каждому кластеру, чтобы оценить, насколько различие между ними (рис.6). В каждом из четырех кластеров находятся объекты со схожим влиянием на процесс развития пожароопасного события.

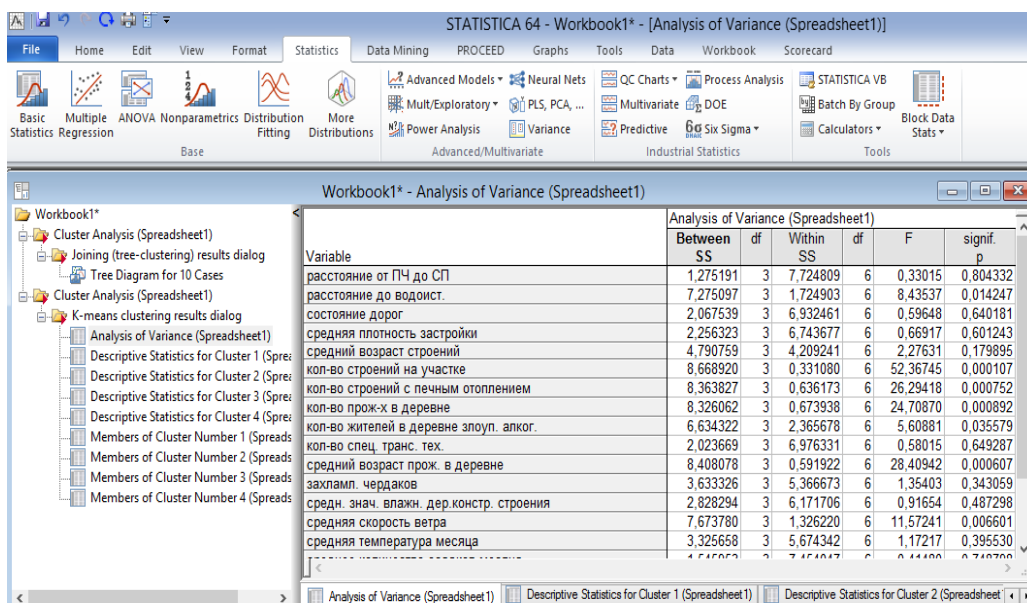


Рис.6. – Определение значимости различия между полученными кластерами

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.1 и рис. 7):

Таблица.1.

Кластеры пожарной опасности

кластеры пожароопасности	Н	С	В	Ч
уровень пожароопасности	низкий	средний	высокий	чрезвычайный
цветовая гамма				



Рис.7 – Кластеры пожароопасности Ленинградской области

Заключение

Таким образом, кластерный анализ позволил определить количество населённых пунктов и количество домов, попадающих в зону возможного риска развития пожароопасных событий. Результаты исследования показали, что с помощью определенных факторов, определяющих пожарную обстановку на территории, можно оценить пожарную опасность в населенном пункте. Кластерный подход в решении задачи управления пожароопасными событиями позволит спланировать мероприятия в составе единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на различных уровнях (муниципальный, региональный и т.д.).

Литература

1. Брушлинский Н.Н. Глуховенко Ю.М. Оценка рисков пожаров и катастроф // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. М: ВНИТИ. 1992, вып.1 С.13-39.
2. 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.
3. Аль-Шаамири Абдул Кадер. Строительство и реконструкция зданий и сооружений с учетом природно-климатических факторов // Инженерный Вестник Дона. 2017. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4141.
4. Fil O.A. Project Cost Management // Materials of the XI International scientific and practical conference, Trends of modern science, -2015. Volume 5. Economic science. Sheffield. Science and education -pp.92-96.
5. 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 С. 31-41

6. Шеина С.Г., Стародубцева А.С. Устойчивое развитие городов. комплексный подход к преобразованию городской среды// Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4114

7. Минаев, В.А., Топольский, Н.Г., Дао Ань Туан. Проблемы и основные факторы оценки пожарных рисков во Вьетнаме // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 1. С 9-12.

8. Хайдуков, Д.С. Применение кластерного анализа в государственном управлении // Философия математики: актуальные проблемы. М.: МАКС Пресс, 2009. 287 с.

9. Sorensen, H 'World's first offshore wave energy converter -Wave Dragon - connected to the grid'. 19th World Energy Congress, Sydney, 2004. pp.65-71

10. Statistica. URL: statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches.

References

1. Brushlinskij N.N. Gluxovenko Yu.M. Problemy` bezopasnosti pri chrezvy`chajny`x situaciyax. M: VINITI. 1992, vyp.1 pp.13-39.

2. Minaev, V.A., Topol`skij, N.G., Dao An` Tuan. Vestnik Sankt Peterburgskogo universiteta GPS MChS Rossii. 2017.№4. pp. 8-16.

3. Al`-Shamiri Abdul Kader. Inzhenernyj Vestnik Dona. 2017. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4141.

4. Fil O.A. Project Cost Management. Materials of the XI International scientific and practical conference, Trends of modern science, 2015. Volume 5. Economic science. Sheffield. Science and education pp.92-96.

5. Abdulaliev F.A., Ivanov A.V. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MChS Rossii, 2012. №1. pp. 31-41



6. Sheina S.G., Starodubceva A.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4114
7. Minaev, V.A., Topol'skij, N.G., Dao An` Tuan. Texnologii texnosfernoj bezopasnosti. 2016. № 1. Pp. 9-12.
8. Xajdukov, D.S. Primenenie klasternogo analiza v gosudarstvennom upravlenii. [Application of cluster analysis in public administration]. Filosofiya matematiki: aktual`ny`e problemy`. M.: MAKS Press, 2009. 287 p.
9. Sorensen, H 'World's first offshore wave energy converter. Wave Dragon - connected to the grid'. 19th World Energy Congress, Sydney, 2004. pp.65-71
10. Statistica.[Statistics].URL:statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branchess.