

ИНФОРМАТИКА

INFORMATICS

*Вестник Сыктывкарского университета.*

*Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2023.*

*Выпуск 4 (49)*

*Bulletin of Syktyvkar University.*

*Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics. 2023; 4 (49)*

Научная статья

УДК 004.021,630.431

[https://doi.org/10.34130/1992-2752\\_2023\\_4\\_29](https://doi.org/10.34130/1992-2752_2023_4_29)

**АНАЛИЗ ДАННЫХ О ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ  
В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ С ПОМОЩЬЮ EXCEL  
И PYTHON**

**Надежда Николаевна Бабикина, Надежда Олеговна Котелина,  
Фёдор Николаевич Тентюков**

Сыктывкарский государственный университет  
им. Питирима Сорокина, valmasha@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа данных о лесных пожарах в Республике Коми за 2010–2023 годы. Исследование проводилось при помощи табличного процессора Excel, библиотек Python: Scikit-learn, Pandas, NumPy, Openpyxl, Folium. Исследованы пространственно-временные особенности распределения пожаров по различным сочетаниям признаков: количество и площадь пожаров по месяцам и годам, средняя площадь пожара по лесничеству, причина пожара, уязвимость к пожарам, плотность пожаров в разрезе 32-х лесничеств республики. Для выявления лесничеств со схожими характеристиками использовался метод кластеризации  $k$ -means. Для определения зон с высокой плотностью пожаров, вызванных грозами, использовался метод пространственной кластеризации DBSCAN. На основе проведенного исследования разработаны лабораторные

работы, которые используются в процессе обучения студентов направления «Прикладная информатика» по дисциплинам «Интеллектуальный анализ данных», «Эконометрика: многомерный анализ данных».

**Ключевые слова:** анализ данных, Python, кластеризация  $k$ -means, кластеризация DBSCAN, лесные пожары

**Для цитирования:** Бабилова Н. Н., Котелина Н. О., Тентюков Ф. Н. Анализ данных о лесных пожарах в Республике Коми с помощью Excel и Python // *Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика.* 2023. Вып. 4 (49). С. 29–46. [https://doi.org/10.34130/1992-2752\\_2023\\_4\\_29](https://doi.org/10.34130/1992-2752_2023_4_29)

Article

## Analysis of data on forest fires in the Komi Republic using Excel and Python

Nadezhda N. Babikova, Nadezhda O. Kotelina,  
Fyodor N. Tentyukov

Pitirim Sorokin Syktывkar State University, valmasha@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of data analysis on forest fires in the Komi Republic for 2010–2023. The study was carried out using the Excel spreadsheet processor and Python libraries: Scikit-learn, Pandas, Numpy, Openpyxl, Folium. The spatiotemporal features of the distribution of fires according to various combinations of characteristics were studied: number and area of fires by month and year, average area of fire in the forest district, cause of the fire, vulnerability to fires, density of fires in the context of 32 forest districts of the republic. To identify forest districts with similar characteristics, the  $k$ -means clustering method was used. The DBSCAN spatial clustering method was used to identify areas with a high density of fires caused by thunderstorms. Based on the research, laboratory works has been developed. Laboratory works are used in the process of training students of “Applied Informatics” department in the disciplines “Data Mining” and “Econometrics: Multidimensional Data Analysis”.

**Keywords:** data analysis, Python,  $k$ -means clustering, DBSCAN clustering, forest fires

**For citation:** Babikova N. N., Kotelina N. O., Tentyukov F. N. Analysis of data on forest fires in the Komi Republic using Excel and Python. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 1: Matematika. Mekhanika. Informatika* [Bulletin of Syktyvkar University, Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics], 2023, no 4 (49), pp. 29–46. (In Russ.) [https://doi.org/10.34130/1992-2752\\_2023\\_4\\_29](https://doi.org/10.34130/1992-2752_2023_4_29)

## 1. Введение

Государственное бюджетное учреждение Республики Коми «Территориальный фонд информации Республики Коми» (ГБУ РК «ТФИ РК») является региональным оператором инфраструктуры пространственных данных Республики Коми, держателем картографического фонда и государственных геоинформационных ресурсов автоматизированной геоинформационной кадастровой системы Республики Коми. Одним из проектов ГБУ РК «ТФИ РК» является отраслевая геоинформационная система регионального значения – платформа «Атлас», которая обеспечивает хранение, поиск, визуализацию, обработку и анализ пространственных данных на основе геоинформационных и телекоммуникационных технологий. В состав платформы «Атлас» входит информационно-аналитическая система «Лесные пожары». ГБУ РК «ТФИ РК» предоставил Сыктывкарскому государственному университету описание API к ИАС «Лесные пожары» для использования в учебном процессе и научно-исследовательской работе.

Лесные пожары причиняют существенный ущерб окружающей среде и народному хозяйству. На количество и площадь лесных пожаров влияет множество факторов: характер и структура растительного покрова, геоморфологические условия, густота гидрологической и дорожной сети, плотность населения, погодные-климатические условия, качество систем мониторинга и тушения пожаров. Сочетание факторов индивидуально для каждого региона. Выявление региональных особенностей динамики лесных пожаров позволяет разрабатывать более эффективные противопожарные мероприятия [1; 2].

В статье представлены результаты анализа пространственно-временных особенностей динамики лесных пожаров на территории Республики Коми с помощью табличного процессора Excel и библиотек языка Python.

## 2. Материалы и методы

Анализ динамики лесных пожаров Республики Коми проведен на основе данных ИАС «Лесные пожары» за 2010–2023 годы [3]. Данные были извлечены с помощью библиотеки Requests для выполнения HTTP-запросов на языке Python и сохранены в файле Excel.

В данном исследовании использованы показатели: id пожара (целое число), широта (WGS-84, вещественное число), долгота (WGS-84, вещественное число), дата обнаружения (строка в формате «DD.MM.YYYY»), причина возникновения пожара (строка), метод обнаружения (строка), площадь пожара в га (вещественное число), класс плотности населения (целое число от 0 до 4), название лесничества (строка), площадь лесничества в га (вещественное число). Были также рассчитаны дополнительные показатели: дата обнаружения пожара переведена в формат даты, месяц обнаружения (целое число), год обнаружения (целое число), уязвимость лесничества к пожарам (отношение площади пожаров к площади лесничества), плотность пожаров для лесничества (отношение количества пожаров к площади лесничества). Уязвимость к пожарам и плотность пожаров были рассчитаны на 100 га для повышения наглядности, так как без этого значения близки к 0.

В сформированном наборе данных показатель «класс плотности населения» содержал три пропуска. Они были заполнены методом ближайшего соседа: проставлено значение показателя ближайшего по географическим координатам пожара.

Для выявления лесничеств со схожими характеристиками использовался метод кластеризации  $k$ -means [4]. Для определения зон с высокой плотностью пожаров, вызванных грозами, — метод пространственной кластеризации DBSCAN [5].

Исследование проводилось при помощи табличного процессора Excel, библиотек Python Pandas, Scikit-learn, Numpy, Openpyxl, Matplotlib и Folium.

## 3. Результаты и обсуждение

За 2010–2023 годы в Республике Коми произошло 3553 пожара общей площадью 190671 га, средняя площадь пожара составила 54 га (рис. 1). Пики количества пожаров приходятся на 2010, 2011, 2013 и 2022 годы. Это объясняется в первую очередь погодными условиями: жарким летом с незначительным количеством осадков.



Рис. 1. Количество и площадь лесных пожаров в Республике Коми по годам

Между количеством пожаров и площадью пожаров нет прямой зависимости. Распределение пожаров по площади очень неравномерное: на 10 % от числа самых крупных пожаров приходится около 88 % общей площади пожаров (рис. 2).

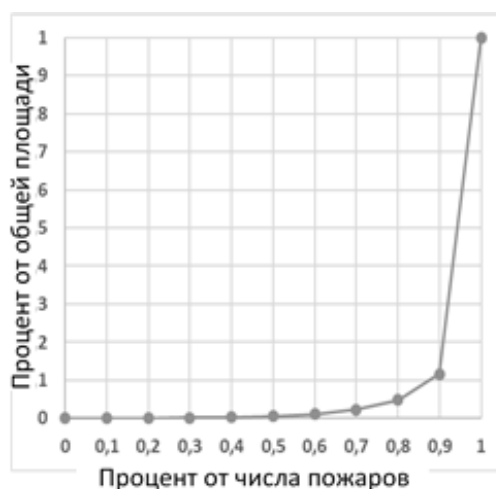


Рис. 2. Кривая Лоренца, характеризующая распределение площади пожаров

За редким исключением, пожары в Республике Коми происходят с мая по сентябрь. Чаще всего пики количества пожаров и общей площади пожаров приходятся на июль, но в жаркие 2010, 2013 и 2022 годы максимальные площади пожаров пришлись на август. В целом за 2010–2023 годы больше всего пожаров произошло в июле — 48 %, на июль приходится и максимальная доля площади пожаров — 51,3 % (рис. 3).

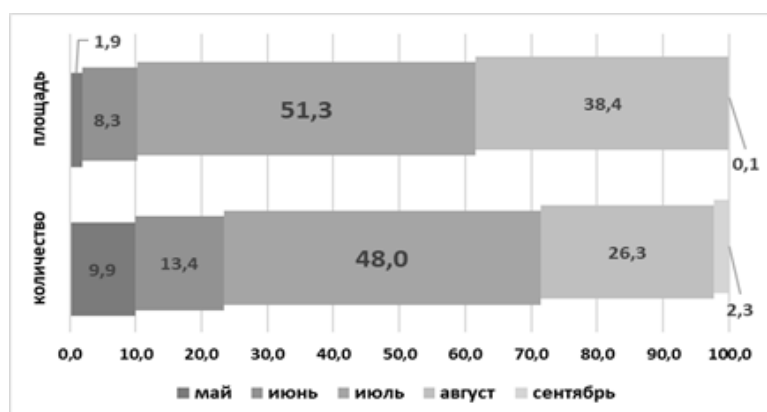


Рис. 3. Распределение количества и площади пожаров по месяцам

В Республике Коми действуют 32 лесничества (табл. 1). Жирным шрифтом в таблице выделены значения, которые относятся к первым 15 % наибольших значений в каждом столбце (площадь лесничества не рассматривается).

Таблица 1

### Показатели лесничеств

Лесничество	Площадь пожаров	Площадь лесничества	Уязвимость на 100 га	Количество пожаров	Плотность пожаров на 100 га	Средняя площадь пожара
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Айкинское	813,9	390350	0,2085	42	0,010760	19,38
Вуктыльское	2547,2	1308375	0,1947	79	0,006038	32,24
Ёртомское	6840,4	1109374	0,6166	110	0,009916	62,19
Железнодорожное	7583,5	1449543	0,5232	<b>205</b>	0,014142	36,99
Ижемское	10255,4	1754321	0,5846	168	0,009576	61,04
Каджеромское	10699,0	1295425	0,8259	132	0,010190	81,05
Кажимское	943,1	408776	0,2307	49	0,011987	19,25
Койгородское	464,3	620625	0,0748	67	0,010796	6,93
Комсомольское	3876,7	1134176	0,3418	138	0,012167	28,09
Корткеросское	345,8	475915	0,0727	76	0,015969	4,55
Летское	74,3	434432	0,0171	8	0,001841	9,29
Локчимское	1935,1	405668	0,4770	76	0,018735	25,46
Междуреченское	<b>19221,4</b>	958415	<b>2,0055</b>	106	0,011060	<b>181,33</b>

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Мещурское	<b>17729,0</b>	1162197	<b>1,5255</b>	108	0,009293	<b>164,16</b>
Печоро-Ильчское	1433,6	1179556	0,1215	87	0,007376	16,48
Печорское	4622,7	4256779	0,1086	111	0,002608	41,65
Помоздинское	456,0	680942	0,0670	58	0,008518	7,86
Прилузское	948,2	810252	0,1170	64	0,007899	14,82
Пруйтское	3249,5	483075	0,6727	87	0,018010	37,35
Сосногорское	14803,2	1618531	<b>0,9146</b>	<b>241</b>	0,014890	61,42
Сторожевское	360,4	835940	0,0431	80	0,009570	4,51
Сыктывдинское	274,2	478891	0,0573	59	0,012320	4,65
Сыктывкарское	630,0	195628	0,3221	117	<b>0,059807</b>	5,38
Сысольское	149,4	579101	0,0258	31	0,005353	4,82
Троицко-Печорское	2219,4	951119	0,2333	<b>219</b>	<b>0,023026</b>	10,13
Удорское	<b>35660,2</b>	1475043	<b>2,4176</b>	<b>214</b>	0,014508	<b>166,64</b>
Усинское	6759,2	2990489	0,2260	155	0,005183	43,61
Усть-Куломское	327,3	426848	0,0767	157	<b>0,036781</b>	2,08
Усть-Немское	3534,0	1001218	0,3530	155	0,015481	22,80
Усть-Цилемское	<b>21767,2</b>	4037099	0,5392	151	0,003740	<b>144,15</b>
Ухтинское	8509,1	1280133	0,6647	160	0,012499	53,18
Чернамское	45,4	83587	0,0544	23	<b>0,027516</b>	1,98

Абсолютным лидером по высоким показателям является Удорское лесничество, только плотность пожаров в лесничестве на среднем уровне. Лидером по низким показателям является Летское лесничество: за 14 лет в нем произошло всего восемь пожаров.

Для выявления лесничеств, схожих по своим характеристикам, применялась кластеризация методом  $k$ -means с помощью библиотеки Scikit-learn.

Разделение лесничеств на три кластера по площади пожаров, числу пожаров, средней площади пожара (листинг 1) представлено на рис. 4. Для визуализации результатов кластеризации построена интерактивная карта с помощью библиотеки Folium (рис. 5).

Центр кластера — это среднее арифметическое значений показателей всех лесничеств, вошедших в кластер. Кластер с центром (23593,9; 145; 164,1) состоит из четырех лесничеств на северо-западе республики, отмечен на карте вертикальной штриховкой. Эти лесничества характеризуются большой площадью пожаров, средним количеством пожаров, большой средней площадью пожара. Кластер с центром (6669,8; 163; 42,0) состоит из 13 лесничеств, отмечен на карте диагональной штри-

ховкой. Эти лесничества характеризуются средней площадью пожаров, большим количеством пожаров, умеренной средней площадью пожара. Кластер с центром (918,0; 63; 13,4) состоит из 15 лесничеств на юге республики, отмечен на карте горизонтальной штриховкой. Эти лесничества характеризуются относительно низкими показателями.

### Листинг 1

#### Кластеризация лесничеств при помощи алгоритма $k$ -means

```
# импорт библиотек
from sklearn.cluster import KMeans
import numpy as np
from openpyxl import load_workbook
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns; sns.set()
from mpl_toolkits import mplot3d
plt.style.use('seaborn-whitegrid')

# загружаем файл Excel
wb = load_workbook(filename='tab1.xlsx')
sheet = wb.worksheets[0]
data = np.array([row for row in sheet.iter_rows(min_row=1,
                                                max_row= 32, min_col=2, max_col= 4,
                                                values_only=True)], dtype=np.float32)

# нормализуем данные
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
scaler = MinMaxScaler()
lesn = scaler.fit_transform(data)

# кластеризуем
km = KMeans(n_clusters=3,init = 'random',n_init=5,
            max_iter = 15,random_state=21)
res = km.fit(lesn)
centers = km.cluster_centers_
# записываем номера кластеров в массив
res = np.array(res.labels_)

# отображаем на данные на графике
ax = plt.axes(projection='3d')
ax.scatter3D(data[:,0], data[:,1], data[:,2], alpha=1.,
             s=25*res+15, c=res)
plt.show()
```



Окончание листинга 1

```
# преобразовываем центры кластеров в исходный масштаб
c = centers*(np.max(data,axis=0)-np.min(data,axis=0))+\
    np.min(data,axis=0)
print(res)
print(c)

# сохраняем массив с номерами кластеров
for i in range(32):
    sheet.cell(i+1, 7, value=res[i])
wb.save('tab1.xlsx')
```

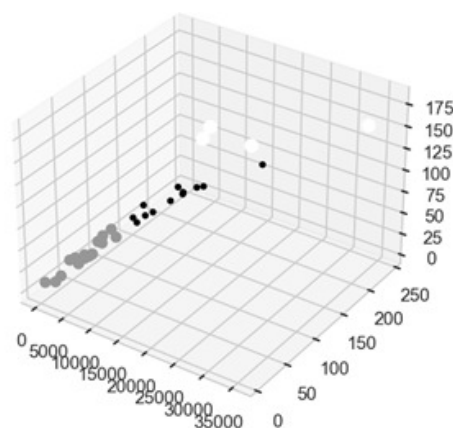


Рис. 4. Кластеризация лесничеств по площади пожаров, количеству пожаров и средней площади пожара



Рис. 5. Карта Республики Коми с лесничествами, разделенными на три кластера по площади пожаров, количеству пожаров и средней площади пожара

На рисунках 6 и 7 представлено разделение лесничеств на три кластера по уязвимости к пожарам и плотности пожаров, т. е. с учетом площади лесничеств. Уязвимость находится в диапазоне от 0,0171 до 2,4176, плотность — от 0,00184 до 0,05981. Большинство лесничеств попадает в кластер (горизонтальная штриховка) с центром (0,3196; 0,0107). Три лесничества — Междуреченское, Мещурское и Удорское — образуют кластер (вертикальная штриховка) с центром (1,9828; 0,0116): при сравнимой плотности пожаров уязвимость к пожарам этих лесничеств значительно выше. Три лесничества — Сыктывкарское, Усть-Куломское и Чернамское — характеризуются высокой плотностью пожаров и образуют кластер (диагональная штриховка) с центром (0,1510; 0,0414).

Можно сказать, что с точки зрения уязвимости и плотности шесть лесничеств находятся в несколько более сложной ситуации, чем остальные.

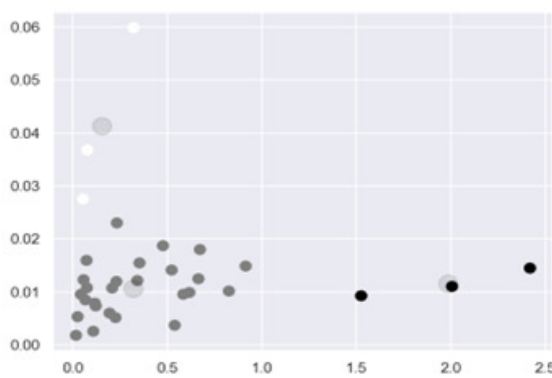


Рис. 6. Кластеризация лесничеств по уязвимости к пожарам и плотности пожаров

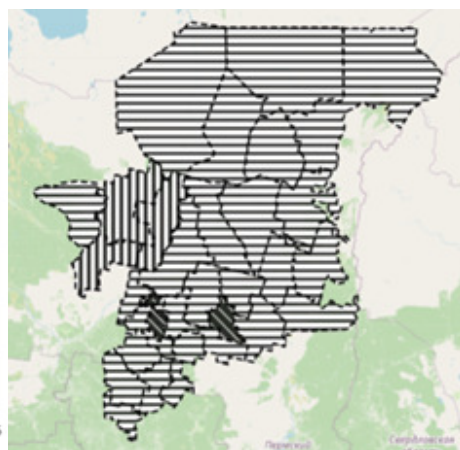


Рис. 7. Карта Республики Коми с лесничествами, разделенными на три кластера по уязвимости к пожарам и плотности пожаров

За период 2010–2023 годов причиной 49 % лесных пожаров в Республике Коми являлись грозы, 27 % пожаров случилось по вине местного населения, причины возникновения 22 % пожаров не были выявлены, 2 % пожаров произошли по прочим причинам.

Начиная с 2016 года причины всех пожаров установлены, далее анализ причин пожаров произведен за период 2016–2023 годов. Грозы стали причиной **65,5 %** пожаров, по вине местного населения случилось 33,7 % пожаров, 0,8 % пожаров произошли по иным причинам. Площадь «грозовых» пожаров составила **95,8 %** от общей площади пожаров. Средняя площадь пожара, вызванного грозами, составляет 86 га. А средняя площадь пожара, произошедшего по вине людей, в 11,8 раз меньше — 7,3 га.

Разделение лесничеств на три кластера по доле «грозовых» пожаров в общем количестве пожаров по лесничеству и разделение лесничеств на три кластера по доле площади, пройденной «грозовыми» пожарами, в общей площади пожаров по лесничеству представлено в табл. 2. В 12 лесничествах в общей площади пожаров с 2016 по 2023 год более 95 % приходится на пожары, вызванные грозами. В двух лесничествах — Летском и Чернамском — за этот период не произошло ни одного «грозового» пожара.

Таблица 2

**Кластеризация лесничеств по доле пожаров,  
вызванных грозами**

Кластеры по доле количества пожаров			Кластеры по площади пожаров		
Лесничество	Доля	Центр кластера	Лесничество	Доля	Центр кластера
Летское	0,000	0,148	Летское	0,000	0,068
Чернамское	0,000		Чернамское	0,000	
Сыктывкарское	0,059		Сыктывкарское	0,002	
Усть-Куломское	0,127		Сторожевское	0,083	
Айкинское	0,154		Айкинское	0,096	
Сыктывдинское	0,235		Усть-Куломское	0,226	
Железнодорожное	0,273		Прунтское	0,431	
Корткеросское	0,333	Помоздинское	0,461	0,565	
Троицко-Печорское	0,426	Корткеросское	0,491		
Койгородское	0,467	Сыктывдинское	0,539		
Помоздинское	0,467	Усть-Немское	0,553		
Кажимское	0,500	Сысольское	0,618		
Сторожевское	0,500	Троицко-Печорское	0,637		
Прунтское	0,538	Ухтинское	0,670		
Усть-Немское	0,592	0,565	Кажимское	0,689	0,939
Печоро-Ильчское	0,615	Койгородское	0,819		
Сосногорское	0,616	Каджеромское	0,821		
Прилузское	0,636	Прилузское	0,837		
Ухтинское	0,638	Печоро-Ильчское	0,844		
Сысольское	0,667	Сосногорское	0,896		
Удорское	0,680	Комсомольское	0,952		
Междуреченское	0,724	0,841	Усинское	0,966	
Каджеромское	0,758	Усинское	0,971		
Локчимское	0,783	Мещурское	0,971		
Вуктыльское	0,800	Междуреченское	0,971		
Мещурское	0,813	Железнодорожное	0,971		
Комсомольское	0,854	Локчимское	0,977		
Печорское	0,857	Удорское	0,982		
Усинское	0,890	Ёртомское	0,984		
Ёртомское	0,917	Вуктыльское	0,989		
Усть-Цилемское	0,925	Печорское	0,992		
Ижемское	0,932	Усть-Цилемское	0,993		
			Ижемское	0,994	

Метод кластеризации  $k$ -means относится к разделительным методам, основанным на поэтапном улучшении разбиения исходных данных на непересекающиеся группы. Для группировки пространственных данных больше подходят алгоритмы кластеризации на основе плотности. Для выявления размещения зон, в которых чаще всего случаются «грозовые» пожары, был использован алгоритм DBSCAN библиотеки Scikit-learn. В этом алгоритме количество кластеров определяется в процессе кластеризации.

Алгоритм DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise, пространственная кластеризация приложений с шумом) рассматривает кластеры как области высокой плотности, разделенные областями низкой плотности. В алгоритме есть два параметра: `min_samples` и `eps`. Более высокие значения `min_samples` или более низкие значения `eps` указывают на более высокую плотность, необходимую для формирования кластера.

За период 2010–2023 годов произошло 1746 пожаров, для которых установлена причина «от гроз». Координаты пожаров размещены в файле `f-geo.xlsx`. Значения параметров `min_samples` и `eps` определяются эмпирически (табл. 3). Значение `eps = 0,05` соответствует приблизительно 5,5 км.

Таблица 3

### Результаты кластеризации DBSCAN при различных значениях параметров

Параметры		Номера кластеров и количество элементов в них
<code>eps</code>	<code>min_samples</code>	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
0,05	20	{-1: 1746}
0,05	10	{-1: 1725, 1: 11, 0: 10}
0,1	10	{-1: 1657, 1: 20, 3: 16, 4: 16, 0: 15, 2: 14, 5: 8}
0,1	20	{-1: 1746}
0,2	20	{-1: 1586, 0: 62, 3: 27, 2: 25, 1: 23, 4: 23}
0,2	30	{-1: 1746}
0,3	30	{-1: 1519, 0: 137, 3: 30, 1: 30, 2: 30}
0,3	40	{-1: 1672, 0: 74}
0,4	40	{-1: 1484, 0: 175, 1: 87}



Окончание листинга 2

```
# кластеризуем
clusters = DBSCAN(eps = 0.5, min_samples = 50).fit(data)

# получаем метки кластеров
cl_labels = clusters.labels_

# выводим номера кластеров, значение -1 соответствует точкам шума
print('cluster numbers',set(cl_labels))
from collections import Counter
print(Counter(clusters.labels_))

# выводим результаты кластеризации
sns.scatterplot(data = data, x = data[:,0], y =data[:,1],
                hue = cl_labels, size = cl_labels,
                sizes=(10, 200), legend = "full",
                palette = "deep")

plt.show()

# сохраняем массив с номерами кластеров
for i in range(1746):
    sheet.cell(i+2, 5, value=cl_labels[i])
wb.save('f-geo.xlsx')
```



Рис. 8. Выделение участков высокой плотности «грозовых» пожаров (eps = 0,5, min\_samples = 50)

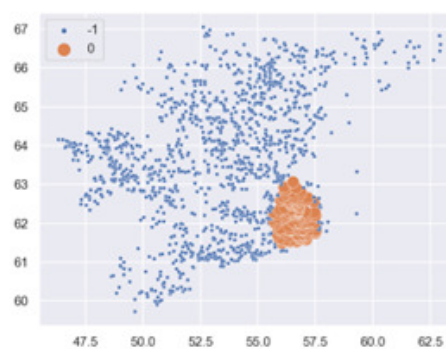


Рис. 9. Выделение участков высокой плотности «грозовых» пожаров (eps = 0,6, min\_samples = 100)



Рис. 10. Выделение участков высокой плотности «грозовых» пожаров (eps = 0,6, min\_samples = 50)

#### 4. Заключение

Грозы стали причиной **65,5 %** пожаров в 2016–2023 годах. Площадь «грозовых» пожаров составила **95,8 %** от общей площади пожаров. При этом **91 %** «грозовых» пожаров произошел в местностях с нулевой плотностью населения.

В коллективной монографии 2012 года Института глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук указывается: «На пожары, вызванные грозами, в среднем по России приходится 10 % общего числа лесных пожаров. . . . Проявляется значительная зависимость интенсивности грозовой деятельности и пожарной активности от широты. . . . Наибольшая доля пожаров, вызванных молниями, в общем числе пожаров приходится на интервал широт 60–65° с. ш., она составляет около 39 %» [6, с. 268]. Территория Республики Коми простирается между 59° 12' и 68° 25' северной широты. Таким образом, значительное количество «грозовых» пожаров в Республике Коми является нормой.

Предсказать, куда ударит молния, и сократить количество «грозовых» пожаров — затруднительно. Уменьшить площадь «грозовых» пожаров можно за счет совершенствования систем раннего обнаружения пожаров в труднодоступных местностях.

На основе проведенного исследования разработаны лабораторные работы, которые используются в процессе обучения студентов направления «Прикладная информатика» по дисциплинам «Интеллектуальный анализ данных», «Эконометрика: многомерный анализ данных». Опыт работы с реальными данными в процессе обучения повышает интерес студентов и мотивацию к более глубокому изучению предмета.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность за сотрудничество Государственному бюджетному учреждению Республики Коми «Территориальный фонд информации Республики Коми» в лице директора Терентьева Алексея Витальевича и заведующего отделом программирования Ложкина Виктора Владимировича.

### Список источников

1. Колеров Д. А. Совершенствование методов мониторинга и реагирования на лесные пожары в Республике Коми (на примере искусственного интеллекта) // *ОБЖ: Основы безопасности жизни*. 2022. № 1. С. 56–59.
2. Волокитина А. В., Софронова Т. М., Корец М. А. Региональные шкалы оценки пожарной опасности в лесу: усовершенствованная методика составления // *Сибирский лесной журнал*. 2017. № 2. С. 52–61. DOI: 10.15372/SJFS20170206.
3. Геоинформационный портал Республики Коми [Электронный ресурс]. URL: <https://gis.rkomi.ru/> (дата обращения: 11.11.2023).
4. Котелина Н. О., Матвийчук Б. Р. Кластеризация изображения методом k-средних // *Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика*. 2019. Вып. 3 (32). С. 101–112.
5. Scikit-learn documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#hdbscan> (дата обращения: 11.11.2023).
6. Анисимов О. А., Борц С. В., Георгиевский В. Ю. и др. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биоло-



гических систем / Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук. М.: Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета», 2012. 512 с.

## References

1. **Kolerov D. A.** Improving methods for monitoring and responding to forest fires in the Komi Republic (using the example of artificial intelligence). *OBZH: Osnovy bezopasnosti zhizni* [FLS. Fundamentals of Life Safety]. 2022. No 1. Pp. 56–59. (In Russ.)
2. **Volokitina A. V., Sofronova T. M., Korec M. A.** Regional Scales of Fire Danger Rating in the Forest: Improved Technique. *Sibirskij lesnoj zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science]. 2017. No 2. Pp. 52–61. DOI: 10.15372/SJFS20170206. (In Russ.)
3. *Geoinformatsionnyy portal Respubliki Komi* [Geoinformation portal of the Komi Republic] [Electronic resource]. Available at: <https://gis.rkomi.ru/> (accessed: 11.11.2023). (In Russ.)
4. **Kotelina N. O., Matvijchuk B. R.** Image clustering by the k-means method. *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 1: Matematika. Mekhanika. Informatika* [Bulletin of the Syktyvkar University. Ser. 1: Math. Mechanics. Informatics]. 2019. No 3 (32). Pp. 101–112. (In Russ.)
5. *Scikit-learn documentation* [Electronic resource]. Available at: <https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#hdbscan> (accessed: 11.11.2023).
6. **Anisimov O. A., Borsch S. V., Georgievsky V. Yu. et al.** *Metody ocenki posledstvij izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem* [Methods for assessing the effects of climate change on physical and biological systems]. Institute of Global Climate and Ecology of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring and the Russian Academy of Sciences. Moscow: Scientific Research Center of Space Hydrometeorology «Planet», 2012. 512 p. (In Russ.)

Сведения об авторах / Information about authors

Бабикина Надежда Николаевна / Nadezhda N. Babikova

к.пед.н., доцент, доцент кафедры прикладной информатики /  
PhD (Pedagogy), Associate Professor, Associate Professor of Applied  
Informatics Department

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сороки-  
на / Pitirim Sorokin Syktyvkar State University

167001, Россия, г. Сыктывкар, Октябрьский пр., 55 / 167001, Russia,  
Syktyvkar, Oktyabrsky Ave., 55

Котелина Надежда Олеговна / Nadezhda O. Kotelina

к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной математики и компьютерных на-  
ук / Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor of Department  
of Applied Mathematics and Computer Science

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сороки-  
на / Pitirim Sorokin Syktyvkar State University

167001, Россия, г. Сыктывкар, Октябрьский пр., 55 / 167001, Russia,  
Syktyvkar, Oktyabrsky Ave., 55

Тентюков Фёдор Николаевич / Fyodor N. Tentyukov

обучающийся бакалавриата/ undergraduate student

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сороки-  
на / Pitirim Sorokin Syktyvkar State University

167001, Россия, г. Сыктывкар, Октябрьский пр., 55 / 167001, Russia,  
Syktyvkar, Oktyabrsky Ave., 55

Статья поступила в редакцию / The article was submitted 27.11.2023

Одобрено после рецензирования / Approved after reviewing 01.12.2023

Принято к публикации / Accepted for publication 06.12.2023