

## УДК 614.841

*Р. І. Коваленко, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0003-2083-7601)*  
*А. Я. Калиновський, к.т.н., доцент, нач. каф. (ORCID 0000-0002-1021-5799)*  
*С. Ю. Назаренко, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0003-0891-0335)*  
*М. М. Журавський, к.т.н., доцент, заст. нач. центру – нач. відділу*  
*(ORCID 0000-0001-8356-8600)*

*Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна*

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ У ВЕЛИКИХ І СЕРЕДНІХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ УКРАЇНИ

Досліджено процес виникнення пожеж в населених пунктах України з чисельністю населення від 50 до 500 тисяч осіб за період з 2021 по 2023 рік. Переверено статистичну гіпотезу про те, що процес виникнення пожеж в населених пунктах може бути описаний статистичними закономірностями. Встановлено, що процес виникнення пожеж у великих і середніх населених пунктах України у більшості випадків може бути описаний статистичними закономірностями. Виявлено, що за період 2021 року процес виникнення пожеж міг бути описаний пуассонівським та геометричним законами розподілу, що у відсотковому співвідношенні становить 44 % та 58 % випадків відповідно. Траплялися також випадки, коли по окремих населених пунктах вказаний процес міг бути описаний відразу двома законами розподілу, що у відсотковому відношенні складає 26 % випадків і є не досить зрозумілим. Не вдалося встановити жодного закону розподілу для 24 % з числа досліджуваних населених пунктів. За період 2022 та 2023 року процес виникнення пожеж міг бути описаний пуассонівським, геометричним та експоненціальним законами розподілу, що у відсотковому співвідношенні для періоду 2022 року становить 36 %, 64 % та 6 % випадків, а для періоду 2023 року – 36 %, 58 % та 2 % випадків відповідно. Випадків, коли названий процес можна було відразу описати декількома законами розподілу для періоду 2022 року становить 24 %, а для періоду 2023 року – 16 %. Не вдалося встановити жодного закону розподілу за період 2022 року для 20 % відсотків серед досліджуваних населених пунктів, а за період 2023 року цей показник становив також 20 %. В подальшому планується дослідити рівень достовірності прогнозів кількості пожеж при використанні відомих методів прогнозування під час воєнного стану.

**Ключові слова:** пожежа, воєнний стан, статистична гіпотеза, закон розподілу, аварійно-рятувальне формування, критерій Пірсона

### 1. Вступ

Важливе значення для успішного реагування аварійно-рятувальних формувань на надзвичайні ситуації і небезпечні події, які пов'язані із виникненням пожеж має їх точний прогноз кількості. В умовах оперативної обстановки, яка змінюється, а особливо у період воєнного стану виконати достовірний прогноз кількості пожеж достатньо складно, бо виникає потреба у попередньому встановленні статистичних закономірностей, які дозволяють це описати. На кількість пожеж, які виникають в населених пунктах в період воєнного стану впливають різні чинники, зокрема, чисельність населення та інтенсивність обстрілів території. Недостовірний прогноз кількості пожеж на майбутній період може стати причиною неправильної оцінки чисельності сил та засобів, які будуть потрібні для реагування на них.

Отже, дослідження закономірностей виникнення пожеж під час воєнного стану є актуальними. Результати цих досліджень можуть бути використані для розробки методів прогнозування їх кількості.

### 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В [1] проведено огляд причин виникнення пожеж і їх наслідків в населених пунктах південної Європи. Відмічається, що на процес виникнення пожеж впливають зміна клімату, зростання чисельності населення та щільності житлової за-

будови, а також межування населених пунктів з лісами та сільськогосподарськими угіддями. Питання визначення статистичних закономірностей виникнення пожеж в цій роботі не розглядалося.

В [2] для дослідження пожеж пропонується використовувати супутникові знімки певної місцевості у поєднанні з геоінформаційними системами. Це дає можливість відслідкувати динаміку розвитку пожежі і потім ці дані зберігати у базі даних. З допомогою створеної бази даних при виявленні загорянь на поверхні землі з використанням супутника можна спрогнозувати подальший розвиток пожежі. Достовірність вказаного способу було перевірено на прикладі прогнозування розвитку лісових пожеж при цьому пожежі в населених пунктах не розглядалися.

В [3] проаналізовано пожежі на транспорті, які траплялися в автодорожніх тунелях Китаю, котрі також розміщуються на території населених пунктів. Більшість з пожеж траплялися на в'їздах і виїздах з автодорожніх тунелів, а найбільш частою причиною пожеж були технічні несправності транспортних засобів. Також була встановлена сезонна залежність кількості пожеж. Влітку і взимку відбувалася найбільша кількість пожеж, а навесні і восени найменша.

В [4] пропонується метод для виявлення і прогнозування пожеж, який ґрунтується на застосуванні технологій розумного міста. Досягається це шляхом використання пристроїв, які дозволяють виявляти температуру, дим, полум'я та інші чинники, а також систем і засобів штучного інтелекту. З одного боку вказаний метод дозволяє виявляти пожежі через зміну вказаних раніше параметрів середовища, а з іншого боку проводити прогноз пожеж на основі відомостей, які зберігаються в базі даних з використанням систем і засобів штучного інтелекту. Відповідно для формування прогнозу на майбутній період необхідно мати зібрану інформацію про пожежі за попередній період.

В [5] для прогнозування пожеж в населених пунктах попередньо було досліджено статистичні дані про них за період останніх п'яти років. На основі цих даних проведено навчання нейронної мережі і в подальшому використано її для прогнозування. У підсумку отримано достатньо достовірний прогноз кількості пожеж на наступний період. Поряд з цим вказаний метод прогнозування є достатньо суперечливим щодо його достовірності враховуючи алгоритми роботи нейронних мереж.

В [6] для прогнозування викликів в населених пунктах, зокрема, пов'язаних з пожежами і визначення ймовірності залучення на їх обслуговування певної кількості відділень аварійно-рятувальних формувань був використаний закон розподілу Пуассона. З урахуванням вказаного прогнозу стало можливим виконати перерозподіл підрозділів по території населеного пункту для того щоб вони могли швидко відреагувати на виклики, які трапляються достатньою кількістю сил та засобів. Перед використанням цього методу прогнозування попередньо довелося опрацювати масив статистичних даних щодо залучення на виклики аварійно-рятувальних формувань за період десяти останніх років. Варто зауважити, що ці дані були зібрані у мирний час, тому стверджувати про те, що пуассонівський закон розподілу можна буде використати і під час воєнного стану не варто поки не буде перевірена названа статистична гіпотеза.

Методи прогнозування, які ґрунтуються на законі розподілу Пуассона використовуються не лише для визначення кількості пожеж на майбутній період, а також і для чисельної оцінки ймовірності виникнення нещасних випадків.

В [7] для прогнозування кількості нещасних випадків на будівництві було

використано метод, який саме ґрунтується на використанні закону розподілу Пуассона. Перед застосуванням цього методу було проведено статистичне дослідження кількості нещасних випадків за останні тринадцять років. Отримані дані прогнозу мали достатній рівень достовірності.

Поряд з цим, згідно [8] на точність прогнозу з використанням розподілу Пуассона впливає розмір вибірки та стандартне відхилення значень вибірки. За малої вибірки і великої дисперсії її значень отримані результати прогнозування будуть найменш достовірними.

В [9] досліджувалися статистичні закономірності виникнення пожеж в населених пунктах під час воєнного стану. Встановлено, що динаміку виникнення пожеж не можна було описати законом розподілу Пуассона. Тільки для 35 % з досліджуваних населених пунктів вдалося виявити, що часові інтервали між пожежами можуть бути описаними експоненційним законом розподілу.

В [10] досліджено процес виникнення пожеж в населених пунктах України з чисельністю населення понад 500 тисяч осіб. До цих населених пунктів відносяться Київ, Дніпро, Одеса, Харків, Кривий Ріг, Запоріжжя та Львів. Переверено статистичні гіпотези про можливість опису процесу виникнення пожеж нормальним, експоненційним, гамма,  $\chi^2$ -квадрат, Пуассона та геометричним розподілами. Лише для окремих населених пунктів і в окремі роки, а це був часовий період з 2021 по 2023 рік вдалося встановити закон розподілу, яким був експоненційний. Відповідно було зроблено висновок, що в сучасних умовах необхідно проводити перевірку статистичних закономірностей окремо для кожного населеного пункту. При цьому для населених пунктів з чисельністю населення менше 500 тисяч осіб перевірка названих статистичних закономірностей не проводилася.

Відповідно для виконання прогнозу пожеж в населених пунктах в більшості використовуються різні статистичні методи. Поряд з цим в залежності від чисельності населення і особливостей оперативної обстановки, яка там склалася процес виникнення пожеж не завжди може бути описаний статистичними закономірностями.

Отже, невирішеною частиною розглянутої проблеми є те, що залишається недослідженим процес виникнення пожеж в населених пунктах з чисельністю населення менше 500 тисяч осіб в період воєнного стану.

### **3. Мета та завдання дослідження**

Метою дослідження є встановлення законів розподілу, які дозволяють описати процес виникнення пожеж у великих і середніх населених пунктах України в період дії воєнного стану.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- встановити закон розподілу, який дозволяє описати процес виникнення пожеж у великих і середніх населених пунктах до введення воєнного стану;
- встановити закон розподілу, який дозволяє описати процес виникнення пожеж у великих і середніх населених пунктах в період дії воєнного стану.

### **4. Матеріали та методи дослідження**

Об'єктом дослідження є процес виникнення пожеж у великих і середніх населених пунктах України. До цих груп населених пунктів відносяться ті, які мають чисельність населення від 50 до 500 тисяч осіб. Предметом дослідження є статистичні закони розподілу, які дозволяють описати процес виникнення пожеж.

Гіпотеза дослідження полягає у тому, що процес виникнення пожеж в населених пунктах може бути описаний статистичними законами розподілу.

Досліджувалися пожежі, які виникали в 50 населених пунктах України за період з 2021 по 2023 рік. Опрацювання статистичних проводилося з допомогою табличного редактора Microsoft Excel. Встановлення статистичних законів розподілу проводилося з допомогою програмного продукту STATISTICA 6.0.

### 5. Встановлення статистичного закону розподілу кількості пожеж до введення воєнного стану

Досліджувався період за 2021 рік. У табл. 1 наведені дані щодо характеристик значень вибірки.

Табл. 1. Характеристика значень вибірки для періоду 2021 року

Місто	Середнє арифметичне	Стандартне відхилення	Максимальна кількість пожеж за день
1	2	3	4
Вінниця	1,1	1,3	12
Луцьк	0,3	0,6	3
Ковель	0,1	0,3	2
Нововолинськ	0,1	0,3	2
Кам'янське	1,4	1,5	9
Павлоград	1	1,3	6
Краматорськ	0,7	1,1	8
Слов'янськ	0,8	1,3	12
Костянтинівка	0,4	0,7	4
Покровськ	0,2	0,4	2
Дружківка	0,3	0,7	3
Житомир	1,1	1,3	8
Бердичів	0,4	0,7	3
Коростень	0,4	0,7	5
Новоград-Волинський	0,2	0,6	5
Ужгород	0,7	1	7
Мукачево	0,4	0,7	4
Івано-Франківськ	0,9	1	5
Калуш	0,4	0,8	7
Коломия	0,2	0,5	2
Біла Церква	1,1	1,4	11
Бровари	0,5	0,8	7
Бориспіль	0,5	0,8	3
Кропивницький	0,7	0,9	5
Олександрія	0,4	0,7	4
Дрогобич	0,3	0,6	4
Червоноград	0,3	0,5	2
Стрий	0,2	0,5	3
Миколаїв	2,2	2	11
Первомайськ	0,3	0,6	3
Ізмаїл	0,5	0,9	6
Чорноморськ	0,2	0,5	5
Полтава	0,9	1,2	8
Кременчук	0,6	0,9	6
Горішні Плавні	0,1	0,3	2
Рівне	0,4	0,8	10

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Суми	0,6	0,9	8
Конотоп	0,2	0,5	3
Шостка	0,2	0,4	3
Тернопіль	0,5	0,7	4
Лозова	0,2	0,5	3
Хмельницький	0,5	0,9	7
Кам'янець-Подільський	0,2	0,4	2
Черкаси	0,5	0,8	7
Умань	0,2	0,5	3
Сміла	0,1	0,4	4
Чернівці	0,9	1,2	8
Чернігів	0,9	1,1	8
Ніжин	0,2	0,5	3
Прилуки	0,2	0,4	2

У табл. 2 наведені дані щодо результатів перевірки висунутих статистичних гіпотез для населених пунктів до введення воєнного стану. Для цього було використано програмний продукт STATISTICA 6.0 та критерій узгодженості Пірсона.

Табл. 2. Результати перевірки статистичних гіпотез

Місто	Вид розподілу 2021
1	2
Вінниця	Пуассона
Луцьк	Пуассона; Геометричний
Ковель	-
Нововолинськ	-
Кам'янське	-
Павлоград	Геометричний
Краматорськ	Геометричний
Слов'янськ	-
Костянтинівка	Геометричний
Покровськ	Пуассона; Геометричний
Дружківка	Геометричний
Житомир	-
Бердичів	Пуассона; Геометричний
Коростень	Пуассона; Геометричний
Новоград-Волинський	Геометричний
Ужгород	Пуассона
Мукачево	Геометричний
Івано-Франківськ	Пуассона
Калуш	Геометричний
Коломия	Пуассона; Геометричний
Біла Церква	-
Бровари	Геометричний
Бориспіль	Геометричний
Кропивницький	Пуассона
Олександрія	Геометричний
Дрогобич	Пуассона; Геометричний
Червоноград	Пуассона; Геометричний
Стрий	Пуассона; Геометричний

Продовження табл. 2

1	2
Миколаїв	-
Первомайськ	Пуассона
Ізмаїл	-
Чорноморськ	Пуассона; Геометричний
Полтава	-
Кременчук	-
Горішні Плавні	-
Рівне	Геометричний
Суми	Пуассона
Конотоп	Пуассона; Геометричний
Шостка	Пуассона
Тернопіль	Пуассона
Лозова	Геометричний
Хмельницький	Геометричний
Кам'янець-Подільський	Пуассона; Геометричний
Черкаси	Пуассона; Геометричний
Умань	Пуассона; Геометричний
Сміла	Геометричний
Чернівці	-
Чернігів	Пуассона
Ніжин	Геометричний
Прилуки	Геометричний

Для більшості з досліджуваних населених пунктів вдалося встановити статистичний закон розподілу.

### 6. Встановлення статистичного закону розподілу кількості пожеж після введення воєнного стану

Досліджувався період часу з 2022 по 2023 рік. У табл. 3 і табл. 4 наведені дані характеристик значень вибірки.

Табл. 3. Характеристика значень вибірки для періоду 2022 року

Місто	Середнє арифметичне	Стандартне відхилення	Максимальна кількість пожеж за день
1	2	3	4
Вінниця	1	1,2	9
Луцьк	0,3	0,6	4
Ковель	0,3	0,8	6
Нововолинськ	0,1	0,4	2
Кам'янське	1,3	1,6	9
Павлоград	0,6	1	6
Краматорськ	0,5	1	11
Слов'янськ	0,6	1,4	17
Костянтинівка	0,5	0,9	9
Покровськ	0,3	0,6	6
Дружківка	0,2	0,5	2
Житомир	0,8	1	5
Бердичів	0,4	0,7	5
Коростень	0,4	0,7	4
Новоград-Волинський	0,2	0,5	3
Ужгород	0,8	1,2	7

Продовження табл. 3

1	2	3	4
Мукачево	0,5	0,9	5
Івано-Франківськ	0,7	0,9	5
Калуш	0,5	0,9	7
Коломия	0,3	0,6	4
Біла Церква	0,7	0,9	4
Бровари	0,2	0,5	5
Бориспіль	0,3	0,6	4
Кропивницький	0,7	0,9	5
Олександрія	0,3	0,5	3
Дрогобич	0,4	0,7	4
Червоноград	0,2	0,5	3
Стрий	0,3	0,5	3
Миколаїв	1,8	2	13
Первомайськ	0,3	0,5	2
Ізмаїл	0,7	1	8
Чорноморськ	0,2	0,4	2
Полтава	0,7	0,9	5
Кременчук	0,5	0,8	6
Горішні Плавні	0,1	0,3	2
Рівне	0,3	0,6	4
Суми	0,8	1	5
Конотоп	0,2	0,4	3
Шостка	0,3	0,6	3
Тернопіль	0,4	0,7	4
Лозова	0,2	0,5	5
Хмельницький	0,4	0,7	4
Кам'янець-Подільський	0,2	0,5	3
Черкаси	0,5	0,8	5
Умань	0,2	0,5	4
Сміла	0,1	0,3	2
Чернівці	1,4	1,8	14
Чернігів	2,6	5	31
Ніжин	0,2	0,6	5
Прилуки	0,2	0,5	6

Табл. 4. Характеристика значень вибірки для періоду 2023 року

Місто	Середнє арифметичне	Стандартне відхилення	Максимальна кількість пожеж за день
1	2	3	4
Вінниця	1	1,1	5
Луцьк	0,3	0,6	4
Ковель	0,1	0,4	2
Нововолинськ	0,1	0,3	2
Кам'янське	1,2	1,4	8
Павлоград	0,8	1,2	7
Краматорськ	0,5	0,9	6
Слов'янськ	0,4	0,7	4
Костянтинівка	0,6	0,9	5
Покровськ	0,2	0,5	3
Дружківка	0,4	0,6	4
Житомир	0,9	1,2	6

Продовження табл. 4

1	2	3	4
Бердичів	0,3	0,7	5
Коростень	0,4	0,8	5
Новоград-Волинський	0,2	0,5	3
Ужгород	0,5	0,7	4
Мукачево	0,2	0,5	3
Івано-Франківськ	0,6	0,8	3
Калуш	0,3	0,6	5
Коломия	0,1	0,3	1
Біла Церква	0,6	0,8	5
Бровари	0,3	0,6	6
Бориспіль	0,3	0,6	4
Кропивницький	1	1,2	6
Олександрія	0,3	0,7	4
Дрогобич	0,2	0,5	3
Червоноград	0,2	0,5	4
Стрий	0,2	0,5	3
Миколаїв	1,7	1,7	10
Первомайськ	0,4	0,7	8
Ізмаїл	0,6	0,9	6
Чорноморськ	0,2	0,5	4
Полтава	0,6	1	8
Кременчук	0,4	0,7	4
Горішні Плавні	0,1	0,2	1
Рівне	0,2	0,6	6
Суми	0,8	1,1	6
Конотоп	0,3	0,6	4
Шостка	0,4	0,7	4
Тернопіль	0,5	1,1	17
Лозова	0,2	0,4	2
Хмельницький	0,4	0,8	8
Кам'янець-Подільський	0,2	0,5	5
Черкаси	0,5	0,9	9
Умань	0,3	0,8	12
Сміла	0,2	0,4	2
Чернівці	0,8	1	6
Чернігів	0,9	1,2	10
Ніжин	0,2	0,5	5
Прилуки	0,2	0,5	4

У табл. 5 наведені дані щодо результатів встановлення статистичних законів розподілу. Для цього було використано програмний продукт STATISTICA 6.0 та критерій узгодженості Пірсона.

Для більшості населених пунктів в період воєнного стану вдалося встановити статистичний закон розподілу.

### 7. Обговорення результатів встановлення статистичного закону розподілу кількості пожеж

Загальновідомо, що процес виникнення пожеж у великих і середніх населених пунктах може бути описаний законом розподілу Пуассона але виконання вказаної закономірності не перевірялося в умовах воєнного стану. Підтвердження виконан-



ня цієї закономірності за результатами опрацювання статистичних даних в період воєнного стану є достатньо зрозумілим явищем. Поряд з цим не зрозуміло як вказаний процес може бути описаним іншими статистичними законами розподілу.

**Табл. 5. Результати встановлення статистичних законів розподілу**

Місто	Вид розподілу 2022	Вид розподілу 2023
1	2	3
Вінниця	-	Пуассона
Луцьк	Експоненційний Пуассона Геометричний	Пуассона Геометричний
Ковель	Експоненційний Геометричний	Геометричний
Нововолинськ	Геометричний	-
Кам'янське	-	-
Павлоград	Геометричний	Геометричний
Краматорськ	Геометричний	-
Слов'янськ	Геометричний	Пуассона Геометричний
Костянтинівка	Геометричний	Геометричний
Покровськ	Пуассона Геометричний	Пуассона Геометричний
Дружківка	Геометричний	Пуассона
Житомир	-	Геометричний
Бердичів	Геометричний	Геометричний
Коростень	Пуассона	Геометричний
Новоград-Волинський	Геометричний	Пуассона Геометричний
Ужгород	Геометричний	Геометричний
Мукачево	Геометричний	Пуассона
Івано-Франківськ	Пуассона	Пуассона
Калуш	Геометричний	Пуассона
Коломия	Експоненційний Геометричний	-
Біла Церква	-	Пуассона
Бровари	Пуассона	Пуассона
Бориспіль	Пуассона	Експоненційний Геометричний
Кропивницький	Пуассона	-
Олександрія	Пуассона Геометричний	Геометричний
Дрогобич	Геометричний	Геометричний
Червоноград	Геометричний	Пуассона Геометричний
Стрий	Пуассона Геометричний	Геометричний
Миколаїв	-	-
Первомайськ	Пуассона	Пуассона
Ізмаїл	Геометричний	Геометричний
Чорноморськ	Пуассона Геометричний	Пуассона
Полтава	Пуассона	Геометричний

Продовження табл. 5

1	2	3
Кременчук	Пуассона	Пуассона
Горішні Плавні	-	-
Рівне	Геометричний	Геометричний
Суми	-	Геометричний
Конотоп	Геометричний	Геометричний
Шостка	Пуассона Геометричний	Геометричний
Тернопіль	Пуассона Геометричний	-
Лозова	Пуассона Геометричний	Пуассона
Хмельницький	Пуассона Геометричний	Геометричний
Кам'янець-Подільський	Пуассона Геометричний	Пуассона Геометричний
Черкаси	Геометричний	Геометричний
Умань	Геометричний	Геометричний
Сміла	-	-
Чернівці	-	Геометричний
Чернігів	-	-
Ніжин	Геометричний	Пуассона Геометричний
Прилуки	Геометричний	Геометричний

Особливість отриманих результатів у порівнянні із вже відомими полягає у тому, що досліджувалися статистичні закономірності виникнення пожеж саме в період воєнного стану. Як було вказано раніше цей процес мав вплив на особливості оперативної обстановки в населених пунктах України.

Дослідження обмежуються можливістю отримання необхідних статистичних даних в період воєнного стану.

Недоліком дослідження є невеликий часовий інтервал за який були опрацьовані статистичні дані – всього три роки. Можливо більш точні дані могли бути отримані при опрацюванні даних за більший часовий інтервал.

В подальшому планується дослідити рівень достовірності прогнозів кількості пожеж під час воєнного стану при використанні різних методів прогнозування. Під час виконання цих досліджень можна зіткнутися з проблемою збору необхідних статистичних даних особливо по населених пунктах, які знаходяться поблизу району ведення бойових дій.

## 8. Висновки

1. Встановлено, що у великих і середніх населених пунктах до введення воєнного стану, а саме за період 2021 року процес виникнення пожеж міг бути описаний пуассонівським та геометричним статистичними законами розподілу, що у відсотковому співвідношенні становить 44 % та 58 % випадків відповідно. Траплялися також випадки, коли по окремим населеним пунктам вказаний процес міг бути описаний відразу двома законами розподілу, що у відсотковому відношенні складає 26 % випадків і є не досить зрозумілим. Для 24 % з числа досліджуваних населених пунктів не вдалося встановити жодного закону розподілу.

2. Встановлено, що у великих і середніх населених пунктах після введення Fire safety. DOI: 10.52363/2524-0226-2024-40-10

воєнного стану, а саме за період 2022 та 2023 року процес виникнення пожеж міг бути описаний пуассонівським, геометричним та експоненційним статистичними законами розподілу, що у відсотковому співвідношенні для періоду 2022 року становить 36 %, 64 % та 6 % випадків, а для періоду 2023 року – 36 %, 58 % та 2 % випадків відповідно. Випадків, коли названий процес можна було відразу описати декількома законами розподілу для періоду 2022 року становить 24 %, а для періоду 2023 року – 16 %. Жодного закону розподілу за період 2022 року не вдалося встановити для 20 % відсотків серед досліджуваних населених пунктів, а за період 2023 року цей показник становив також 20 %.

За весь досліджуваний період часу збіг по рокам по встановленим законам розподілу спостерігався: для закону розподілу Пуассона у 12 % випадків, для геометричного закону розподілу у 36 % випадків, а випадків, коли одночасно спостерігалося два цих закони розподілу було 6 % від їх загальної кількості.

### Література

1. Ganteaume A., Barbero R., Jappiot M., Maillé E. Understanding future changes to fires in southern Europe and their impacts on the wildland-urban interface. *Journal of Safety Science and Resilience*. 2021. № 1. P. 20–29. doi: 10.1016/j.jnlssr.2021.01.001
2. Artés T., Oom D., Rigo D., Durrant T., Maianti P., Libertà G., San-Miguel-Ayanz J. A global wildfire dataset for the analysis of fire regimes and fire behaviour. 2019. № 296. URL: <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0312-2>
3. Rui R., Hui Z., Zhao H., Siyue H., Xiuling W. Statistical analysis of fire accidents in Chinese highway tunnels 2000–2016. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2019. № 83. P. 452–460. doi: 10.1016/j.tust.2018.10.008
4. Yongchang Z., Panpan G., Sivaparthipan C. B., Bala A. M. Big data and artificial intelligence based early risk warning system of fire hazard for smart cities. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2021. № 45. 100986. doi: 10.1016/j.seta.2020.100986
5. Guangyin J., Qi W., Cunchao Z., Yanghe F., Jincal H., Xingchen H. Urban Fire Situation Forecasting: Deep sequence learning with spatio-temporal dynamics. *Applied Soft Computing*. 2020. № 97. 106730. doi: 10.1016/j.asoc.2020.106730
6. Usanov D., G. A. Guido Legemaate, Peter M. van de Ven, Rob D. van der Mei. Fire truck relocation during major incidents. *Naval Research Logistics*. 2019. Vol. 66. № 2. P. 105–122. doi: 10.1002/nav.21831
7. Bilir S., Gurcanli G. E. A Method to Calculate the Accident Probabilities in Construction Industry Using a Poisson Distribution Model. *Advances in Safety Management and Human Factors: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Safety Management and Human Factors, July 27–31, 2016. Florida: Walt Disney World*. 2016. P. 513–523. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-41929-9\\_47](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-41929-9_47)
8. Ribeiro E. E., Zeviani W. M., Hinde J. Reparametrization of COM–Poisson regression models with applications in the analysis of experimental data. *Statistical Modelling*. 2019. Vol. 20. № 5. doi: 10.1177/1471082X19838651
9. Коваленко Р. І., Назаренко С. Ю., Михлюк Е. І., Семків В. О. Статистичні закономірності виникнення пожеж в містах під час воєнного стану. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Харків. 2023. № 2(38). С. 194–207.
10. Коваленко Р. І., Назаренко С. Ю., Михлюк Е. І., Остапов К. М. Закономірності виникнення пожеж в містах під час воєнного стану. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Харків. 2024. № 1(39). С. 167–178.

*R. Kovalenko, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*  
*A. Kalynovskyi, PhD, Associate Professor, Head of Department*  
*S. Nazarenko, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department*  
*M. Zhuravskij, PhD, Associate Professor, Head of Department*  
*National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine*

## REGULARITIES OF BLAME IN GREAT AND MIDDLE POPULATIONS OF UKRAINE

The process of fire occurrence in settlements of Ukraine with a population of 50 to 500 thousand people for the period from 2021 to 2023 was studied. The statistical hypothesis that the process of fire occurrence in settlements can be described by statistical laws was tested. It was established that the process of fire occurrence in large and medium-sized settlements of Ukraine in most cases can be described by statistical laws. It was found that for the period of 2021, the process of fire occurrence could be described by Poisson and geometric distribution laws, which in percentage terms is 44 % and 58 % of cases, respectively. There were also cases when, for individual settlements, the specified process could be described by two distribution laws at once, which in percentage terms is 26 % of cases and is not sufficiently clear. It was not possible to establish a single distribution law for 24 % of the studied settlements. For the period of 2022 and 2023, the process of fire occurrence could be described by Poisson, a geometric and exponential distribution law, which in percentage terms for the period of 2022 is 36 %, 64 % and 6 % of cases, and for the period of 2023 – 36 %, 58 % and 2 % of cases, respectively. The number of cases when the mentioned process could be described at once by several distribution laws for the period of 2022 is 24 %, and for the period of 2023 – 16 %. It was not possible to establish any distribution law for the period of 2022 for 20 % of the studied settlements, and for the period of 2023 this indicator was also 20 %. In the future, it is planned to investigate the level of reliability of forecasts of the number of fires when using known forecasting methods during martial law.

**Keywords:** fire, martial law, statistical hypothesis, law of distribution, emergency and rescue formation, Pearson's test

### References

- Ganteaume, A., Barbero, R., Jappiot, M., Maillé, E. (2021). Understanding future changes to fires in southern Europe and their impacts on the wildland-urban interface. *Journal of Safety Science and Resilience*, 1, 20–29. doi: 10.1016/j.jnlssr.2021.01.001
- Artés, T., Oom, D., Rigo, D., Durrant, T., Maianti, P., Libertà, G., San-Miguel-Ayanz, J. (2019). A global wildfire dataset for the analysis of fire regimes and fire behaviour, 296. Available at: <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0312-2>
- Rui, R., Hui, Z., Zhao, H., Siyue, H., Xiuling, W. (2019). Statistical analysis of fire accidents in Chinese highway tunnels 2000–2016. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 83, 452–460. doi: 10.1016/j.tust.2018.10.008
- Yongchang, Z., Panpan, G., Sivaparthipan, C. B., Bala, A. M. (2021). Big data and artificial intelligence based early risk warning system of fire hazard for smart cities. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45, 100986. doi: 10.1016/j.seta.2020.100986
- Guangyin, J., Qi W., Cunchao, Z., Yanghe, F., Jincan, H., Xingchen, H. (2020). Urban Fire Situation Forecasting: Deep sequence learning with spatio-temporal dynamics. *Applied Soft Computing*, 97, 106730. doi: 10.1016/j.asoc.2020.106730
- Usanov, D., G. A. Guido Legemaate, Peter, M. van de Ven, Rob, D. van der Mei. (2019). Fire truck relocation during major incidents. *Naval Research Logistics*, 66, 2, 105–122. doi: 10.1002/nav.21831
- Bilir, S., Gurcanli, G. E. (2016). A Method to Calculate the Accident Probabilities in Construction Industry Using a Poisson Distribution Model. *Advances in Safety*

Management and Human Factors: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Safety Management and Human Factors, July 27–31, 2016, 513–523. Available at: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-41929-9\\_47](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-41929-9_47)

8. Ribeiro, E. E., Zeviani, W. M., Hinde, J. (2019). Reparametrization of COM–Poisson regression models with applications in the analysis of experimental data. *Statistical Modelling*, 20, 5. doi: 10.1177/1471082X19838651

9. Kovalenko, R. I., Nazarenko, S. Y., Mykhlyuk, E. I., Semkiv, V. O. (2023). Statystychni zakonomirnosti vynyknennya pozhezh v mistakh pid chas voyennoho stanu. *Problemy nadzvychaynykh sytuatsiy*, 2(38), 194–207.

10. Kovalenko, R. I., Nazarenko, S. YU., Mykhlyuk, E. I., Ostapov, K. M. (2024). Zakonomirnosti vynyknennya pozhezh v mistakh pid chas voyennoho stanu. *Problemy nadzvychaynykh sytuatsiy*, 1(39), 167–178.

Надійшла до редколегії: 12.10.2024

Прийнята до друку: 13.11.2024