

9. Дьяк И.И. Решение двумерных задач квазистатической термоупругости на основе применения высокоточных схем МКЭ: Дис... канд. физ.-мат. наук: 01.02.04. – Львов, 1983. – 234 с.

УДК 614.842

О.О. Карабин, к.ф.-м.н. (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

СТАТИСТИЧНІ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ДІЯЛЬНОСТІ ПОЖЕЖНОЇ ОХОРОНИ

У роботі досліджується залежність кількості пожеж, летальних випадків внаслідок пожеж від температури повітря в осінньо-зимовий та у весняно-літній періоди. Знайдено функції розподілу для кількості пожеж та кількості летальних випадків, що дозволяє прогнозувати і моделювати роботу аварійно-рятувальних служб, їх раціональну організацію, технічне і кадрове забезпечення.

Пожежі є найвагомим після дорожньо-транспортних пригод чинником загибелі людей. Зокрема, внаслідок пожеж гине близько 65 тис. населення Землі [4], в Україні ця цифра становить, приблизно 3,5 тис. [6]. Зменшення кількості цих жертв не можна досягнути без раціональної організації пожежно-рятувальних служб.

Метою цієї роботи є обґрунтування залежностей між параметрами пожеж, що сприятиме раціоналізації пожежно-рятувальних робіт

Надійних результатів можна досягти засобами математичної статистики, опрацювавши великий масив даних. Автором використаний масив даних кількості пожеж за 1999-2002 роки Управління пожежної безпеки у м. Львові, а також масив даних Львівського гідрометцентру з інформацією про середню температуру повітря за вказаний термін. Аналіз здійснено за допомогою англійського пакета програм STATISTICA, не адаптованого до кирилиці, тому частину коментарів до таблиць і графіків зроблено англійською мовою.

У роботі [5] залежність між температурою повітря і кількістю пожеж не встановлена, а між кількістю летальних випадків і температурою повітря встановлено існування слабого лінійного кореляційного зв'язку з коефіцієнтом кореляції $r=-0,2$ і рівнянням регресії $D=0,38555-0,015T$, де D – змінна, що відповідає кількості жертв, а T – незалежна змінна – температура повітря. Питання про прогнозування основних показників статистики пожеж піднімається в роботі [6], де проаналізовано з точки зору розрахунку середньомісячних темпів приросту інформацію статистики пожеж і загиблих на них в цілому по Україні за 2000 – 2002 рр.

Основною ідеєю роботи є дослідження взаємозв'язків між кількістю пожеж (FIRE), летальних випадків (DEAD) внаслідок пожеж та температурою повітря в залежності від пори року. Залежності досліджені у осінньо-зимовий період (15.10 – 31.03) та у весняно-літній період (01.04 – 14.10). Відлік осіннього-зимового періоду з 15 жовтня зумовлений датою початку опалювального сезону.

Насамперед розглянемо описові статистики, зокрема, математичне сподівання (mean), медіану (median), мінімум (minimum), максимум (maximum), дисперсію (variance), стандартне відхилення (standart deviation), асиметрію (skewness), ексцес (kurtosis). Результати обчислень наведено у таблиці 1 для осінньо-зимового періоду і у таблиці 2 – для весняно-літнього періоду.

Таблиця 1

Значення описових статистик параметрів пожеж у осінньо-зимовий період

Параметри пожеж	Описові статистики							
	N	Матем. сподів.	Мінімум	Макс.	Дисперсія	Сер. кв. відх.	Асиметрія	Ексцес
T	595	1,155	-17,3	14,8	27,44	5,239	-0,327	0,461
Жертви	595	0,429	0	6,0	0,53	0,731	2,244	7,862
Збитки	595	32,083	0	664,35	2891,46	53,772	6,522	65,962
Пожежі	595	4,671	0	32,0	11,54	3,397	2,627	12,767

Таблиця 2

Значення описових статистик параметрів пожеж у весняно-літній період

Параметри пожеж	Описові статистики							
	N	Матем. сподів.	Дисперсія	Сер. кв. відх.	Асиметрія	Ексцес	Мінімум	Макс.
T	788	15,020	24,14	4,913	-0,393	0,07	-1,4	28,00
Жертви	788	0,202	0,22	0,469	2,447	6,27	0	3,00
Збитки	788	33,302	6615,80	81,338	18,877	451,57	0	2017,37
Пожежі	788	4,934	9,58	3,095	1,226	2,24	0	20,00

У осінньо-зимовий період відбувається 4,67 пожежі за добу, середнє значення кількості летальних випадків 0,43, середнє значення суми матеріальних збитків 32,083 тис. гривень. Порівняємо описані вище величини із аналогічними у весняно-літній період: середня кількість пожеж за добу – 4,93, середня кількість летальних випадків – 0,2, середнє значення суми матеріальних збитків – 33,3 тис. гривень. Як бачимо, у весняно-літній період збільшується середня кількість пожеж, зростають матеріальні збитки і зменшується кількість летальних випадків внаслідок пожеж.

Середні значення (математичні сподівання), характеризуючи варіаційний ряд одним числом, не враховують варіацію (розсіювання значень) ознак. Тому розглянемо середньоквадратичне відхилення, щоб оцінити розмір відхилення від середнього значення. Середньоквадратичне відхилення кількості пожеж в зимовий період становить 3,397, а в літній період – 3,09; середньоквадратичне відхилення кількості людських жертв у зимовий період – 0,73, а в літній період – 0,47.

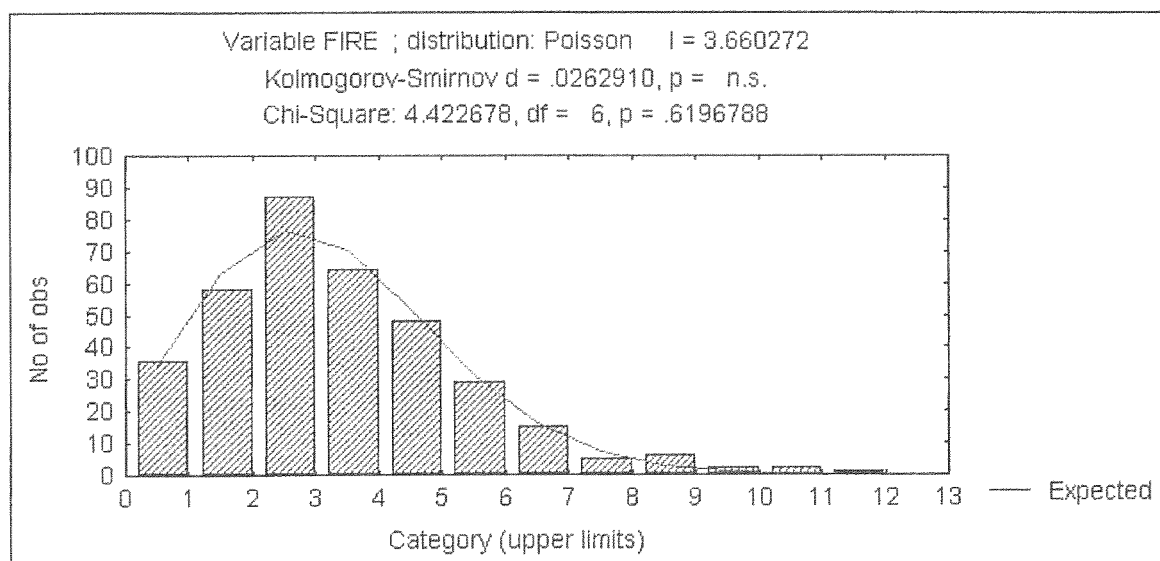


Рис. 1. Гістограма функції розподілу кількості пожеж

Розглянемо ймовірність виникнення певної кількості пожеж та ймовірність певної кількості людських жертв внаслідок пожеж. З цією метою розглянемо функції розподілу. Аналіз даних за 1999-2002 роки свідчить про те, що випадкова величина "кількість пожеж" має закон розподілу Пуассона: $f(x) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!}$ з коефіцієнтом $\lambda=3,661$. Емпіричний і теоретичний графіки функції розподілу наведено на рис. 1.

Для перевірки достовірності отриманого результату скористаємось критерієм χ^2 , для якого вірною є формула:

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(g_i - f_i)^2}{f_i},$$

де g_i – частоти емпіричного розподілу, а f_i – частоти теоретичного розподілу. При обчисленні критерію χ^2 фігурує число s – кількість ступенів свободи, яке визначається за формулою $s=k-r-1$, де k – кількість груп (розрядів) спостережень, r – кількість параметрів у теоретичному розподілі ймовірностей. Щоб уникнути звертання до таблиць цього критерію, скористаємось формулою Романовського: $R = \frac{|\chi^2 - s|}{\sqrt{2s}}$. Якщо $R < 3$, то відповідність між емпіричним і теоретичним розподілами можна визнати задовільною. Підставивши обчислені $\chi^2 = 4,42$ та $s=6$ у формулу Романовського, бачимо, що $R < 3$. Обчислено ймовірність $p=0,6$ наближення емпіричного розподілу кількості пожеж до розподілу Пуассона. Для розподілу Пуассона характерним є те, що математичне сподівання $M(x)$ і дисперсія $D(x)$ дорівнюють параметру розподілу λ . Обчислений $\lambda=3,66$ показує, що за добу у Львові виникає в середньому 4 пожежі, про що ще раз свідчать дані таблиць 1 та 2.

Аналіз кількостей смертельних випадків показав, що ці випадкові величини підлягають геометричному розподілу $f(x) = p \cdot (1 - p)^{x-1}$, де p – ймовірність успіху, який дуже близький до розподілу Пуассона.

Розглянемо осінньо-зимовий період.

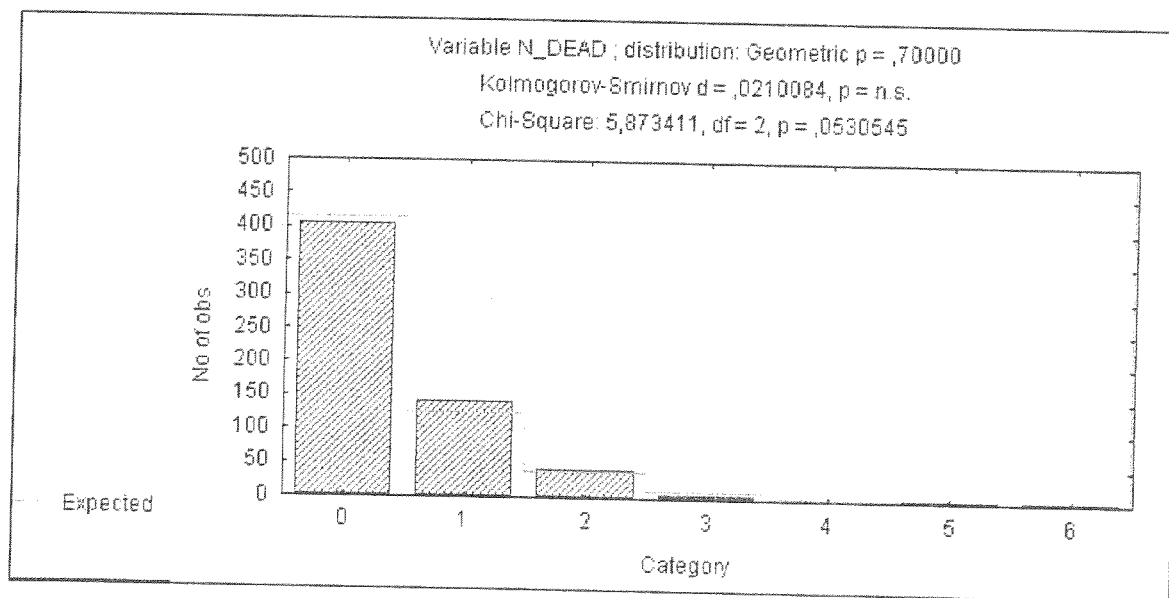


Рис. 2. Гістограма функції розподілу летальних випадків у осінньо-зимовий період.

Для цього періоду параметр $p=0,7$, критерій $\chi^2 = 5,873$, кількість ступенів свободи $s=2$. Подібні результати отримано для розподілу кількості летальних випадків у весняно-літній період.

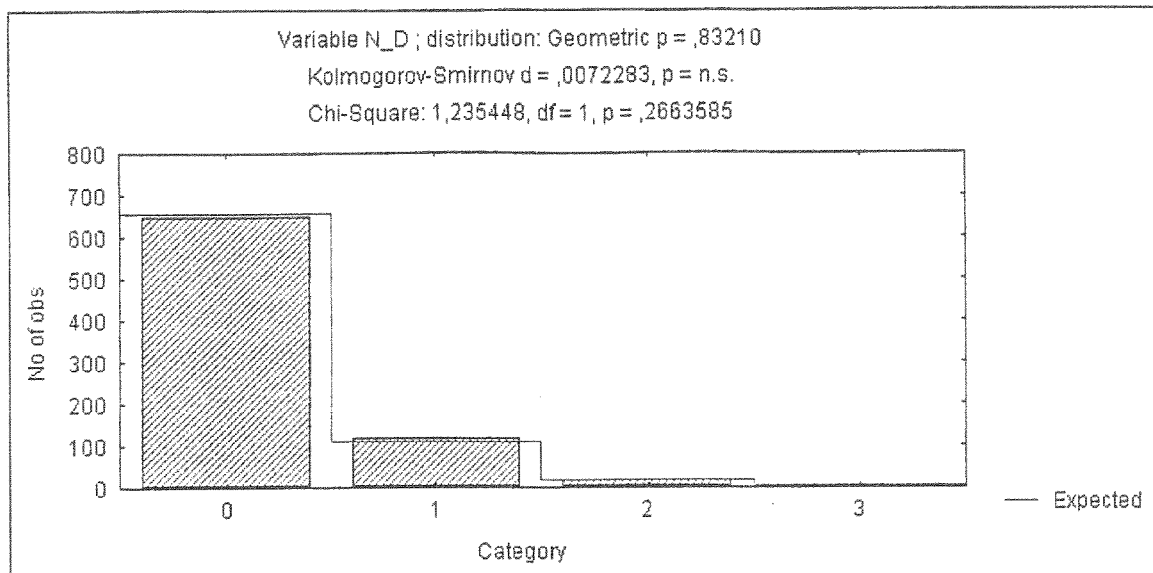


Рис. 3. Гістограма функції розподілу летальних випадків у весняно-літній період.

Функція геометричного розподілу летальних випадків від пожеж у весняно-літній період має параметр $p=0,8$, критерій $\chi^2 = 1,235452$ і кількість ступенів свободи $s=1$.

Розглянемо питання про залежність кількості пожеж від температури повітря. Аналіз і обробка статистичних даних показали, що в осінньо-зимовий період існує лінійний кореляційний зв'язок між температурою повітря і кількістю пожеж із коефіцієнтом $k=0,24$. Цю залежність ілюструє рис. 4. Рівняння лінійної регресії має вигляд: $F = 4,4934 + 0,15345 \cdot T$, де F – кількість пожеж, T – температура повітря.

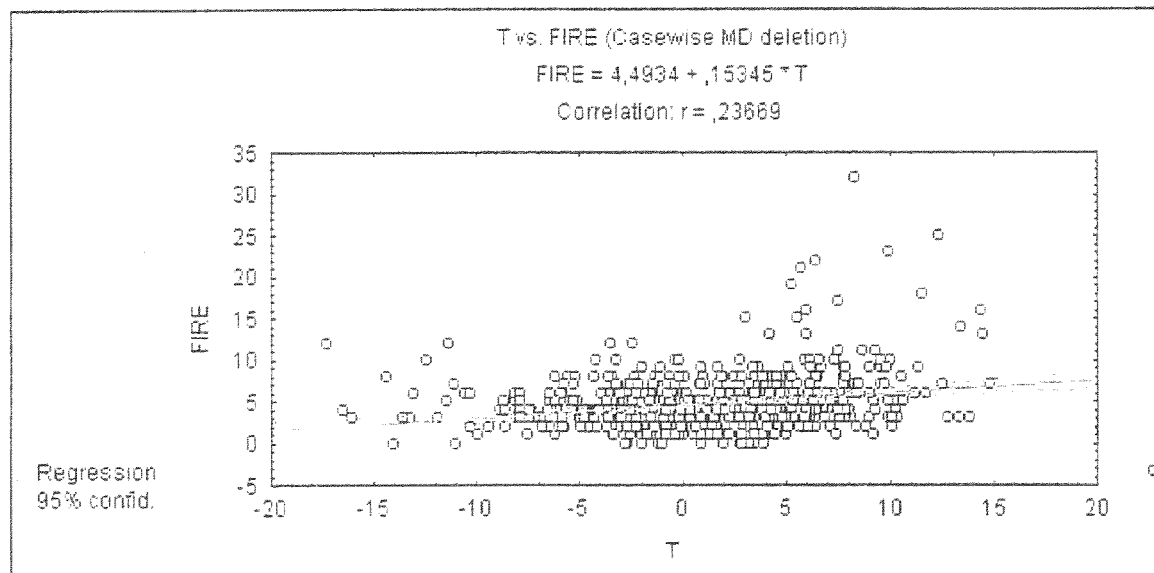


Рис. 4. Діаграма розсіювання кількості пожеж у осінньо-зимовий період.

Оскільки проаналізовано понад 500 даних, то обчислений коефіцієнт кореляції можна вважати значимим. З діаграми розсіювання і з рівняння регресії видно, що найменше пожеж виникає за найнижчих температур, найчастіше пожежі виникають за температури повітря від -5 до $+5$, існує тенденція до зростання кількості пожеж із збільшенням температури. Коефіцієнти кореляції між іншими параметрами наведені у таблиці 3.

Кореляційна матриця параметрів пожеж у осінньо-зимовий період

	T	Жертви	Збитки	Пожежі
T	1	-0,07	-0,04	0,24
Жертви	-0,07	1	0,39	0,2
Збитки	-0,04	0,39	1	0,35
Пожежі	0,24	0,2	0,35	1

У весняно-літній період коефіцієнт кореляції $k=0,06$ вказує на відсутність залежності кількості пожеж від температури повітря, що також видно з діаграми розсіювання.

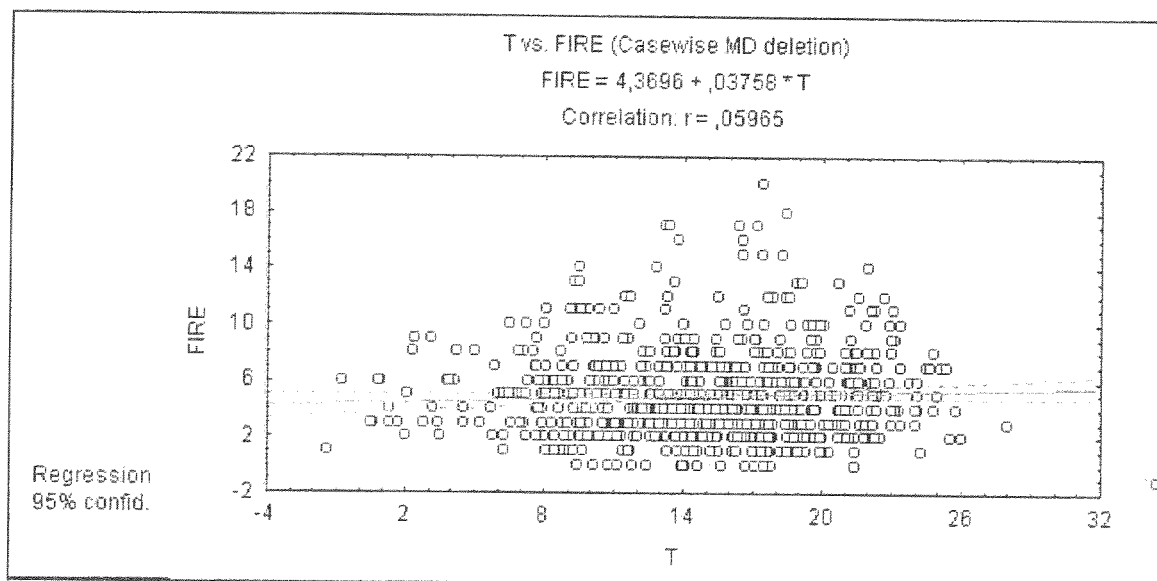


Рис. 5. Діаграма розсіювання кількості пожеж у весняно-літній період.

В таблиці 4 наведено результати обчислень коефіцієнтів кореляції між іншими параметрами (матеріальними збитками, летальними випадками)

Таблиця 4

Кореляційна матриця параметрів пожеж у весняно-літній період

	T	Жертви	Збитки	Пожежі
T	1	-0,1	0,03	0,06
Жертви	-0,1	1	0,19	0,23
Збитки	0,03	0,19	1	0,26
Пожежі	0,06	0,23	0,26	1

Отже, в результаті дослідження ще раз підтверджується гіпотеза про те, що кількість пожеж наближається законом розподілу Пуассона, а кількість летальних випадків – законом, близьким до розподілу Пуассона – геометричним розподілом. Крім цього, можемо зробити висновок, що в осінньо-зимовий період існує залежність кількості пожеж від температури повітря, зокрема, основна маса пожеж припадає на температуру в межах від -5 до +5 градусів Цельсія. Отриманий результат можна використати для розрахунку оптимальних потужностей рятувальних служб.