

*Г.В. Іванець, к.ф.-м.н., доцент, НУЦЗУ,
А.Ю. Бугайов, викладач, НУЦЗУ*

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ

(представлено д-ром техн. наук Чубом І.А.)

У статті розглянуто методику прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру на основі статистичних даних моніторингу кількості надзвичайних ситуацій за деякий період спостереження. Вхідну емпіричну основу для проведення розрахунків складають статистичні дані, які щорічно наводяться у Національних доповідях «Про стан техногенної та природної безпеки в Україні».

Ключові слова: надзвичайна ситуація, моніторинг, регресійна модель, прогноз.

Постановка проблеми. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій (НС) є одним з основних завдань системи цивільного захисту України. Забезпечення безпеки у НС потребує надійного функціонування системи реагування на НС, адекватної рівням і характеру загроз [1-3].

Природно-техногенна ситуація в Україні залишається напруженою, а в ряді її складових і в окремих регіонах країни – загрозливою. Моніторинг природної та техногенної безпеки впродовж останніх років підтверджує, що в цьому аспекті набувають своєї практичної ваги питання прогнозування та запобігання НС. Без урахування даних моніторингу і прогнозування НС неможливо планувати розвиток територій, приймати рішення на будівництво промислових і соціальних об'єктів, розробляти програми і плани з попередження та ліквідації можливих НС.

Прогнозування є ключовим елементом задачі моніторингу, оскільки саме результати прогнозування мають вирішальне значення для обґрунтованого прийняття рішень.

Практика останніх років наочно показує сильний вплив на економіку України різноманітних НС техногенного характеру. Це вимагає системної діяльності щодо боротьби з ними та запобігання їх виникненню. Важливим аспектом цієї діяльності є завчасне прогнозування можливості виникнення і економічних наслідків подібних НС. Праці щодо прогнозування можливості виникнення НС техногенного характеру завжди були актуальними, але не завжди вирішувалися на достатньо високому рівні. Сучасний рівень їх вирішення також недостатньо високий. Тому розробка нових підходів і методик щодо прогнозування

можливості виникнення НС техногенного характеру може значно поліпшити дану ситуацію.

НС, підпорядковуючись об'єктивним і людським факторам виникнення, безупинно змінюються і насамперед це стосується форм і засобів подолання їх. В теперішній час для успішної роботи щодо подолання чи запобігання наслідків НС необхідно передбачити можливий майбутній перебіг тих чи інших негативних процесів, запропонувати інструменти і способи зміни ситуації в бажаному напрямку.

Успіх застосування сил і засобів Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС), операції щодо ліквідації і попередження НС залежить від спроможності відповідних керівників підрозділів знати реальну обстановку, передбачати її зміни, швидко приймати обґрунтовані рішення і своєчасно ставити задачі виконавцям.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В загальному випадку прогнозування розглядається як дослідницький і розрахунково-аналітичний процес, метою якого є одержання імовірнісних даних про майбутній стан і характер розвитку прогнозних явищ, стану і характеру визначальних параметрів функціонування систем чи об'єкту [4].

Важливим завданням моделювання НС є встановлення просторово-часових залежностей для інтенсивності вражаючих факторів. Ці залежності можуть бути задані за допомогою функцій розподілу ймовірностей виникнення небезпечних подій (НС) або функцій розподілу ймовірностей випадкових величин вражаючих факторів [5-6].

Часто надзвичайні події виникають із-за накопичення великої кількості незалежних випадкових факторів. В цих випадках у відповідності з центральною граничною теоремою [7] виникає нормальний розподіл часу очікування НС. Нормальний розподіл і розподіл Пуассона більш адекватно описує можливість виникнення НС внаслідок відмови технічних систем, що повторюються, з великим ступенем зносу, а степеневі розподіли характерні для доволі рідкісних стихійних лих і катастроф.

Аналіз літературних джерел показує, що в більшості для вирішення задачі прогнозу НС застосовується методи регресійного аналізу, в меншій мірі досліджено статистично - імовірнісні методи, які використовують дані за деякий період спостереження.

Прогноз можливої загальної кількості НС техногенного характеру у відповідності з основною гіпотезою про природу передбачення майбутнього має здійснюватися на основі вивчення, аналізу і узагальнення попереднього досвіду – історії передбачуваного явища. Такі дані щорічно наводяться в національних доповідях про стан техногенної та природної безпеки в Україні.

Метою статті є розроблення методики прогнозування НС техногенного характеру на основі попередніх статистичних даних.

Постановка завдання та його ви рішення. До НС техногенного характеру відносяться [2, 8]: транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи або їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптові руйнування споруд і будинків, аварії на інженерних системах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях дамбах.

Основні причини НС техногенного характеру:

а) стихійні сили природи (землетруси, паводки, затори, заноси і т.д.);

б) дії людини (навмисні або не навмисні в діяльності робітників, які проектували і обслуговують небезпечні об'єкти);

в) вихід з ладу обладнання (зношення, відсутність або недостача мастил і т.п.).

Техногенні НС залежать від діяльності людини (проекування, конструювання, будівництва, експлуатації, обслуговування, ремонту, змащення, регулювання, випробування і таке інше).

Серед техногенних загроз найбільшу небезпеку для території та населення України становлять радіаційна, хімічна, пожежна та вибухова небезпеки. Крім того, серед НС техногенного характеру велику небезпеку становлять аварії на транспорті, системах життєзабезпечення та пожежі (вибухи) [9].

Аналіз моніторингу стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць (АТО) України показав [10], що до зони підвищеної переваги НС техногенного характеру входять Донецька, Сумська, Дніпропетровська, Луганська, Запорізька та Київська області, а процентне співвідношення НС техногенного характеру складає більше 54%, від усіх НС.

Прогнозування, оцінка і попередження НС можливі лише на основі моніторингу. На підставі аналізу статистичних даних моніторингу кількості НС техногенного характеру за 1997-2012 роки [11-17] зробимо прогноз кількості НС техногенного характеру в 2013 році. Розподіл НС техногенного характеру за 1997-2013 роки представлено на діаграмі (рис. 1).

Прогнозування НС техногенного характеру в цілому здійснимо на основі регресійної моделі. Регресійну модель будемо шукати у вигляді степеневого поліному третього ступеня [18]

$$n_{\text{ТХ}} = r_0 + r_1 t + r_2 t^2 + r_3 t^3, \quad (1)$$

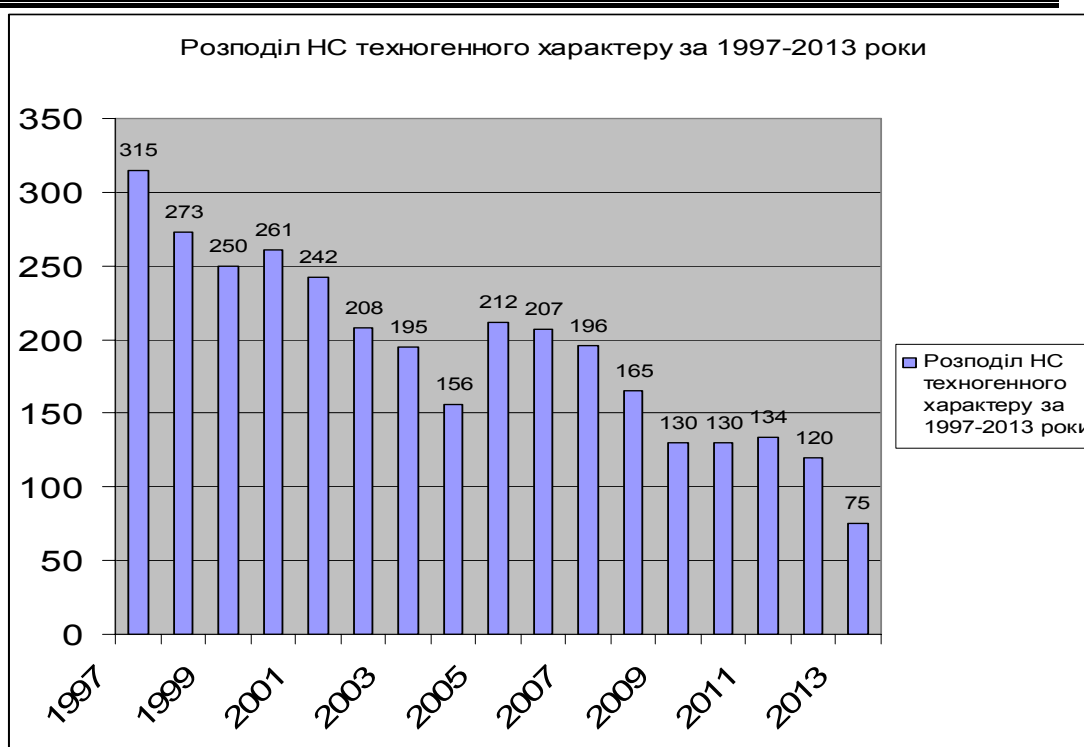


Рис. 1. Розподіл НС техногенного характеру за 1997-2013 роки

Коефіцієнти полінома знаходимо методом найменших квадратів (МНК) [19]

$$\bar{R} = (T^T \cdot T)^{-1} \cdot T^T \cdot \bar{Y}, \quad (2)$$

де $\bar{R} = (r_0, r_1, r_2, \dots, r_k)^T$ – вектор коефіцієнтів поліному розмірністю $(k \times 1)$; $\bar{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)^T$ – вектор вимірних значень кількості НС розмірністю $(n \times 1)$;

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & 2^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & n & \dots & n^k \end{bmatrix} \text{ – матриця розмірності } (n \times k).$$

В результаті отримаємо наступні коефіцієнти поліному

$$\bar{R} = \begin{pmatrix} 342,7941 \\ -35,9884 \\ 3,1384 \\ -01134 \end{pmatrix}.$$

З врахуванням цього регресійну модель можна записати у вигляді:

$$n_{\text{ТХ}} = 342,7941 - 35,9894t + 3,1384t^2 - 0,1134t^3. \quad (3)$$

Тоді середнє прогнозне значення кількості НС в 2013 році складе:

$$n_{\text{ТХ}} = 342,7941 - 35,9894 \cdot 17 + 3,1384 \cdot 289 - 0,1134 \cdot 4913 \approx 81.$$

За статистичними даними знайдемо модуль середньої відносної похибки прогнозу

$$|\Delta| = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta_i|}{n} \approx 0,0833.$$

З врахуванням цього очікуване значення кількості НС буде знаходитися в інтервалі

$$74 \leq n_{\text{ТХ}} \leq 88.$$

Таким чином, за прогнозними даними в 2013 році можна очікувати від 74 до 88 НС техногенного характеру. Реально в Україні за 2013 рік спостерігалось 75 НС техногенного характеру.

Висновки. Запропонована методика прогнозування загальної кількості НС техногенного характеру на основі статистичних даних результатів моніторингу НС техногенного характеру. Для прогнозування НС техногенного характеру вибрана регресійна модель у вигляді степеневого поліному третього ступеню. Відносної похибки прогнозу в цьому випадку складає близько 0,08 (8%).

ЛІТЕРАТУРА

1. Емельянов В.М. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / Емельянов В.М. – М., 2002. – С. 279-289.
2. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник. Вид. 2-е перероб / Шоботов В.М. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.
3. Кодекс цивільного захисту України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст. 458.) [Электронный ресурс] / Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
4. Шаптала В.Г. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций. Учебное пособие / Шантала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. // Белгород: 2010. – 166 с.

5. Самарский А.А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.

6. Михайлов Л.А. Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин. – СПб.: Питер, 2008. – 235 с.

7. Назаров А.А. Теория вероятностей и случайных процессов. Учебное пособие / А.А. Назаров, А.Ф. Терпугов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 204 с.

8. ДК 019:2010. Класифікатор надзвичайних ситуацій. [Электронный ресурс] / Київ: Держспоживстандарт України, 2010. – 19 с. – Режим доступу: <https://yadi.sk/d/jnOZrL-88ipdv>.

9. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек / Андронов В.А., Рогозін А.С., Соболев О.М., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. // – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – 264 с.

10. Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України / Андронов В.А., Бабков Ю.П., Тютюник В.В., Шевченко Р.І. // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2010. – Вип. 12. – С. 9-20.

11. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році. УНДІ ЦЗ ДСНС України. – Київ, 2013. – 542 с. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html.

12. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році. УНДІ ЦЗ ДСНС України. – Київ, 2013. – 384 с. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2012.html>.

13. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році. УНДІ ЦЗ ДСНС України. Київ, 2012. – 359 с. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2011.html>.

14. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2010 році. МНС України. Київ, 2011. – 214с. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopov2010.html>.

15. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 році. МНС України. Київ, 2010. – 252с. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2009.html.

16. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році. МНС України. Київ, 2009. – 244 с. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2008.html.

17. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році. МНС України. Київ, 2008. – 226 с. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2007.html.

18. Ивахненко А.Г. Предсказание случайных процессов / А.Г. Ивахненко, В.Г. Лапа. – Киев: Наукова думка, 1971. – 404 с.

19. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов / Кремер Н.Ш. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 543 с.

Г.В. Иванец, А.Ю. Бугаёв

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного характера на основе статистических данных мониторинга

В статье рассмотрена методика прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера на основе статистических данных мониторинга количестве чрезвычайных ситуаций за некоторый период наблюдения. Входную эмпирическую основу для проведения расчетов составляют статистические данные, которые ежегодно приводятся в Национальных докладах «О состоянии техногенной и природной безопасности в Украине».

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, мониторинг, регрессионная модель, прогноз.

G.V. Ivanets, A.U. Bugaev

Prediction of technogenic emergencies on the basis of statistical monitoring data

In the article the technique of forecasting of emergency situations of technogenic character on the basis of statistical data for monitoring the amount of emergency for a period of observation. The input empirical basis for calculations up statistics that are annually in the national report «On the state of man-made and natural security Ukraine».

Keywords: emergency, monitoring, regression model, the forecast.