

Г.В. Іванець¹, М.Г. Іванець²¹ Національний університет цивільного захисту України, Харків² Харківський національний університет Повітряних Сил, Харків

АЛГОРИТМ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Для прогнозування процесу виникнення надзвичайних ситуацій широко застосовують методи регресійного аналізу. Регресійна модель такого процесу, як правило, носить нелінійний характер і представляється у вигляді степеневого поліному. При оцінці параметрів моделі методом найменших квадратів не завжди забезпечується постійність дисперсії залишків для кожного спостереження або групи спостережень. Це призводить до того, що параметри регресійної моделі не будуть мати мінімальну дисперсію, що погіршує точність прогнозу. У статті запропоновано алгоритм прогнозування процесу виникнення надзвичайних ситуацій із врахуванням похибок регресійної моделі і уточнення оцінок її параметрів на основі зваженого методу найменших квадратів. Результати експериментальних досліджень підтверджують ефективність застосування зваженого методу найменших квадратів для підвищення точності прогнозування процесу виникнення надзвичайних ситуацій при застосування регресійних моделей.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, регресійна модель, зважений метод найменших квадратів, точність прогнозу.

Вступ

Постановка проблеми. В останній час у всьому світі спостерігається стійка тенденція збільшення протиріччя між людиною та оточуючим її природним середовищем (катастрофи на атомних електростанціях, цунамі, торнадо, землетруси і т.п.). Все це призводить до виникнення надзвичайних ситуацій (НС) і їх складових відповідно за видами, рівнями і регіональним розподілом, наслідки яких негативно впливають на економіку країн [1–2]. Так, наприклад, тільки за останні п'ять років в Україні виникло 795 НС, внаслідок яких загинуло 1266 людей, одержали важкі та середні ушкодження 5213 людей, нанесено матеріальних збитків державі на 1599 млн. грн. [1].

Запобігання виникненню НС – це комплекс правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних та інших заходів, спрямованих на регулювання природної та техногенної безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення НС на основі даних моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у НС або пом'якшення їх можливих наслідків [5].

Важливим аспектом щодо запобігання та попередження виникнення НС є своєчасне прогнозування можливості виникнення та наслідків НС [4]. Від точності прогнозування залежить ефективність планування та проведення заходів щодо запобігання виникненню НС або зменшення їх можливих наслідків.

Таким чином, актуальність проведення досліджень, спрямованих на підвищення точності прогнозування процесів виникнення НС, зумовлена необхід-

ністю завчасного ефективного реагування на загрози їх виникнення та мінімізації можливих наслідків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Велике регіональне навантаження території України потужними промисловими та енергетичними об'єктами збільшує ризики аварій і катастроф. Наявність в Україні значних територій з несприятливим природним впливом посилює важливість проблеми щодо вивчення стану техногенної та природної безпеки з метою своєчасного реагування на можливі небезпеки [6]. Це вимагає розробки методів та моделей прогнозування процесів виникнення НС з необхідною точністю. Від точності прогнозування в загальному випадку залежить ефективність планування та проведення заходів щодо попередження виникнення НС та мінімізації їх наслідків. Прогноз можливої загальної кількості НС у відповідності з основною гіпотезою про природу передбачення майбутнього, має здійснюватися на основі вивчення, аналізу і узагальнення попереднього досвіду – історії передбачуваного явища. Аналіз останніх літературних джерел з цієї проблематики показує, що в більшості випадків для вирішення цієї задачі використовують методи регресійного аналізу, які використовують статистичні дані за деякий період моніторингу [7–14]. Для оцінки параметрів лінійних регресійних моделей застосовують метод найменших квадратів (МНК) [14–17]. Для нелінійних регресійних моделей спочатку приводять їх до лінійного вигляду, а потім оцінюють параметри моделі на основі МНК. Одним із умов застосування МНК для одержання незміщених самостійних ефективних оцінок параметрів регресійної моделі є постійність дисперсії залишків для кожного спостере-

ження або груп спостережень (гомоскедастичність залишків). Оскільки регресійні моделі процесів виникнення НС, як правило, носять нелінійний характер, то ця умова не виконується (гетероскедастичність залишків). В результаті цього одержані за допомогою МНК оцінки параметрів регресії не будуть мати мінімальну дисперсію, що погіршує точність прогнозу. Тому виникає необхідність пошуку шляхів та методів вирішення цієї проблеми. Одним із способів вирішення цієї проблеми є застосування зваженого МНК для оцінки параметрів регресійної моделі.

Мета статті. Метою роботи є розробка алгоритму застосування зваженого МНК для підвищення точності прогнозування процесу виникнення НС на основі регресійних моделей. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- обґрунтувати вибір регресійної моделі для прогнозування процесу виникнення НС в державі;
- запропонувати алгоритм прогнозування процесу виникнення НС із врахуванням прогнозу похибок регресійної моделі і уточнення оцінок її параметрів на основі зваженого МНК;
- провести експериментальні дослідження ефективності застосування зваженого МНК для підвищення точності прогнозування процесу виникнення НС при застосуванні регресійних моделей.

Виклад основного матеріалу

Для прогнозування загальної кількості НС за статистичними даними моніторингу НС застосовують методи регресійного аналізу. Регресійну модель представляють у вигляді степеневого поліному:

$$y_t = r_0 + r_1 t + r_2 t^2 + r_3 t^3 + \dots + r_k t^k + \Delta_t, \quad (1)$$

де $(r_0, r_1, r_2, \dots, r_k)$ – коефіцієнти поліному; Δ_t – похибка моделі; y_t – значення кількості НС.

Ступінь поліному k вибирається таким чином, щоб кількість заданих точок була приблизно в п'ять разів вище ступеня полінома [4]. Вектор коефіцієнтів полінома можна знайти у відповідності з виразом:

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

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 виміряних значень кількості НС розмірністю

$$T^* = \begin{pmatrix} \frac{1}{a_0 + a_1 \cdot 1 + \dots + a_k \cdot 1} & \frac{1}{a_0 + a_1 \cdot 1 + \dots + a_k \cdot 1} & \dots & \frac{1}{a_0 + a_1 \cdot 1 + \dots + a_k \cdot 1} \\ \frac{1}{a_0 + a_1 \cdot 2 + \dots + a_k \cdot 2^k} & \frac{2}{a_0 + a_1 \cdot 2 + \dots + a_k \cdot 2^k} & \dots & \frac{2^k}{a_0 + a_1 \cdot 2 + \dots + a_k \cdot 2^k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_0 + a_1 \cdot n + \dots + a_k \cdot n^k} & \frac{n}{a_0 + a_1 \cdot n + \dots + a_k \cdot n^k} & \dots & \frac{n^k}{a_0 + a_1 \cdot n + \dots + a_k \cdot n^k} \end{pmatrix},$$

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

Прогнозне значення кількості НС на момент прогнозу t_i визначається наступним чином:

$$y_{np t_i} = r_0 + r_1 t_i + r_2 t_i^2 + r_3 t_i^3 + \dots + r_k t_i^k. \quad (3)$$

Точність прогнозування характеризується ступенем відповідності кількості НС, одержаної в результаті прогнозу, і фактичної величини кількості НС. Точність прогнозу будемо вимірювати величиною модуля похибки, яка дорівнює модулю різниці між фактичним значенням кількості НС і значенням кількості НС, яка одержана в результаті прогнозу:

$$\varepsilon = |\Delta_i| = |y_{t_i} - y_{np t_i}|, \quad (4)$$

де ε – точність прогнозу; Δ_i – різниця між фактичним і прогнозним значенням кількості НС.

Для зменшення похибки прогнозу зробимо уточнення оцінок параметрів вибіркової моделі (3) з врахуванням прогнозу похибок на основі зваженого МНК. Для цього на першому етапі на основі статистичних даних знайдемо матрицю абсолютних похибок:

$$E = \begin{pmatrix} |y_1 - y_{np1}| \\ |y_2 - y_{np2}| \\ \dots \\ |y_n - y_{npr}| \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де E – матриця абсолютних похибок розмірністю $(n \times 1)$.

Вибіркова модель значень модуля похибок має вигляд:

$$|\Delta_i| = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_k t^k. \quad (6)$$

Для отримання оцінок a_i застосовують МНК на випадок багатofакторної регресії.

Уточнені оцінки параметрів вибіркової моделі (3) із врахуванням прогнозу модуля похибок знаходяться на основі зваженого МНК наступним чином:

$$\bar{R}^* = (T^{*T} \cdot T^*)^{-1} \cdot T^{*T} \cdot \bar{Y}^*, \quad (7)$$

$$Y^* = \begin{pmatrix} \frac{y_1}{a_0 + a_1 \cdot 1 + \dots + a_k \cdot 1} \\ \frac{y_2}{a_0 + a_1 \cdot 2 + \dots + a_k \cdot 2^k} \\ \dots \\ \frac{y_n}{a_0 + a_1 \cdot n + \dots + a_k \cdot n^k} \end{pmatrix}.$$

Прогнозне значення кількості НС на момент прогнозу t_i в цьому випадку визначається наступним чином:

$$y_{np_{t_i}}^* = r_0^* + r_1^* t_i + r_2^* t_i^2 + r_3^* t_i^3 + \dots + r_k^* t_i^k. \quad (8)$$

Таким чином, алгоритм прогнозування процесу виникнення НС із врахуванням прогнозу похибок і уточнення оцінок параметрів вибіркової моделі на основі зваженого МНК зводиться до наступного:

1. На основі статистичних даних отримують оцінки параметрів r_i вибіркової моделі на основі МНК (2).

2. Обчислюють прогнозні значення кількості НС на момент прогнозу (3).

3. На основі фактичних та прогнозних даних кількості НС формують матрицю абсолютних похибок E (5).

4. Знаходять оцінки параметрів моделі абсолютних похибок a_i (6).

5. Знаходять уточнені оцінки параметрів вибіркової моделі r_i^* з врахуванням прогнозу модуля похибок (7).

6. Обчислюють уточнені прогнозні значення кількості НС на момент прогнозу із врахуванням модуля похибки (8).

Покажемо на прикладі можливість підвищення точності прогнозування процесу виникнення НС на основі статистичних даних із врахуванням похибки прогнозу. Для проведення експериментальних досліджень скористаємося даними моніторингу НС в Україні за 1997–2013 роки [18]. Розподіл загальної кількості НС за 1997–2013 роки приведено на графіку (рис. 1).

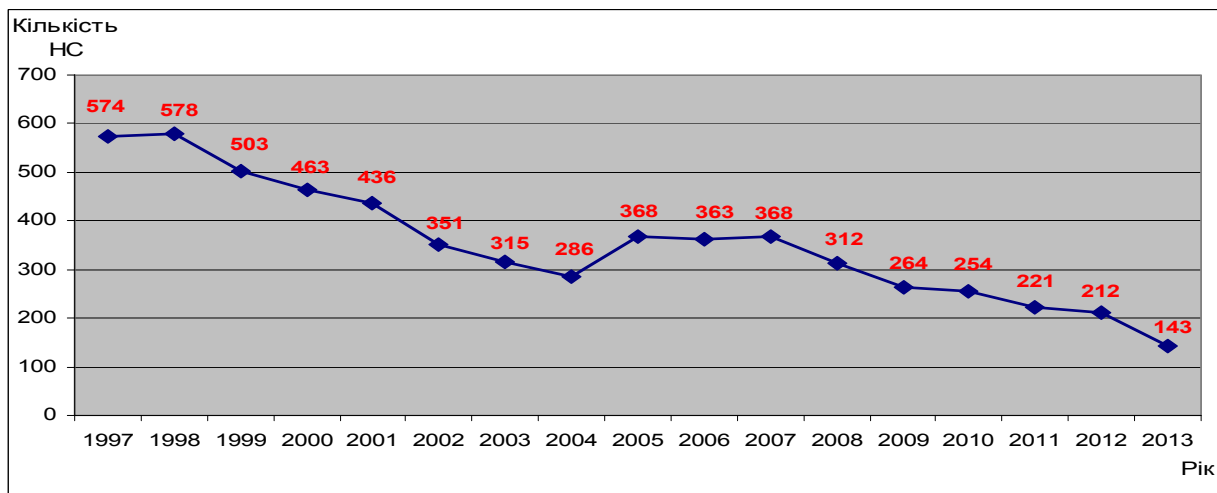


Рис. 1. Розподіл загальної кількості НС

Оскільки довжина вхідної реалізації кількості НС $n = 17$ ($t = 1, 2, 3, \dots, 17$), то залежність кількості НС (1) запишеться у вигляді кубічного поліному:

$$y_t = r_0 + r_1 t + r_2 t^2 + r_3 t^3. \quad (9)$$

В результаті рішення на основі МНК отримано наступний вектор оцінок коефіцієнтів поліному:

$$\bar{R} = (697,91; -93,71; 8,63; -0,29)^T.$$

З врахуванням цього регресійну модель для прогнозу кількості НС (3) можна записати у вигляді:

$$y_{np_{t_i}} = 697,91 - 93,71 t_i + 8,63 t_i^2 - 0,29 t_i^3. \quad (10)$$

В якості оцінки точності прогнозу візьмемо середнє значення модулів похибок прогнозу за статистичними даними:

$$\Delta_{cp} = \sum_{i=1}^{17} |y_{np_{t_i}} - y_{t_i}| / 17 = 28,$$

де Δ_{cp} – середнє значення модулів похибок прогнозу.

Для регресійної моделі (6) прогнозне значення модуля похибок визначається наступним чином:

$$|\Delta_i| = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3.$$

Оцінки параметрів a_i регресійної моделі (6) модуля похибок отримаємо на основі статистичних даних, застосовуючи МНК:

a_0	a_1	a_2	a_3
26,675	1,728	0,046	-0,013

Уточнені оцінки параметрів r_i^* регресійної моделі (3) одержимо на основі статистичних даних, застосовуючи зважений МНК:

r_0^*	r_1^*	r_2^*	r_3^*
696,017	-93,928	8,798	-0,305

З врахуванням цього знайдемо прогнозні значення кількості НС для 17 статистичних даних із врахування похибки моделі наступним чином:

$$y_{np_i}^* = 696,017 - 93,928t_i + 8,798t_i^2 - 0,305t_i^3.$$

Знайдемо оцінку середнього значення модулів похибок прогнозу за статистичними даними:

$$\Delta_{cp}^* = \sum_{i=1}^{17} |y_{np_i}^* - y_{t_i}| / 17 = 26,5.$$

При цьому відносно середнього значення похибки прогнозу при застосуванні МНК і зваженого МНК для оцінки параметрів регресії вдалося зменшити майже на 5,4%:

$$\left| \frac{\Delta_{cp} - \Delta_{cp}^*}{\Delta_{cp}} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{28 - 26}{28} \right| \cdot 100\% = 5,4\%.$$

Висновки

1. Обґрунтовано, що регресійну модель процесу виникнення НС доцільно представити у вигляді степеневого поліному. При цьому ступінь поліному повинна бути приблизно в п'ять разів менше кількості статистичних даних.

2. Запропоновано алгоритм визначення прогнозного значення кількості НС із врахуванням прогнозу похибок регресійної моделі і уточнення оцінок її параметрів на основі зваженого МНК, що дозволяє підвищити точність прогнозу.

3. На основі статистичних даних моніторингу НС в Україні проведено експериментальні дослідження ефективності застосування зваженого МНК для підвищення точності прогнозу при застосуванні регресійних моделей. В результаті досліджень встановлено, що метод дозволяє підвищити точність прогнозу процесу виникнення НС в державі за рахунок передбачення похибок моделі і уточнення оцінок її параметрів за зваженим МНК майже на 5,4%. В якості критерію для порівняльного аналізу було вибрано середнє значення модуля похибок прогнозу за статистичними даними моніторингу НС в Україні за деякий період спостереження.

Список літератури

1. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2017 році [Електронний ресурс]. – URL: [www.dns.gov.ua/files/2018/1/26/Zvit%202017\(KMU\).pdf](http://www.dns.gov.ua/files/2018/1/26/Zvit%202017(KMU).pdf).
2. Guskova N.D. Threats of natural character, factors affecting sustainable development of territories and their prevention / N.D. Guskova, E.A. Neretina // Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, SASA. – 2013. – Vol. 63, Issue 3. – P. 227-237. <https://doi.org/10.2298/ijgil303227g>.
3. System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations / V.V. Tiutiunyk, H.V. Ivanetz, I.A. Tolkunov, E.I. Stetsyuk // Scientific Bulletin of National Mining University. – 2018. – Vol. 1. – P. 99-105. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/7>.
4. Development of combined method for predicting the process of the occurrence of emergencies of natural character / H. Ivanets, S. Horielyshev, M. Ivanets, D. Baulin, I. Tolkunov, N. Gleizer, A. Nakonechnyi // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 5, Issue 10(95). – P. 48-55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143045>.
5. Голован Ю.В. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Организационно-методический комплекс / Ю.В. Голован, Т.В. Козырь. – Дальневосточный государственный технический университет, Издательство “Проспект”, 2015. – 219 с.
6. Іванець Г.В. Аналіз стану техногенної, природної та соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України на основі даних моніторингу / Г.В. Іванець // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 3(48). – С. 142-145.
7. Neisser F. The future is now! Extrapolated riskscapes, anticipatory action and the management of potential emergencies / F. Neisser, S. Runkel // Geoforum. – 2017. – Vol. 82. – P. 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.04.008>.
8. Extrapolation of Functions of Many Variables by Means of Metric Analysis / A. Kryanev, V. Ivanov, A. Romanova, L. Sevastianov, D. Udumyan // EPJ Web of Conferences. – 2018. – Vol. 173:03014. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201817303014>.
9. Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems / K. Migalenko, V. Nuianzin, A. Zemlianskiy, A. Dominik, S. Pozdieiev // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 1, Issue 10(90). – P. 31-37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727>.
10. Predictor-weighting strategies for probabilistic wind power forecasting with an analog ensemble / C. Junk, L. Delle Monache, S. Alessandrini, G. Cervone, L. von Bremen // Meteorologische Zeitschrift. – 2015. – Vol. 24, Issue 4. – P. 361-379. <https://doi.org/10.1127/metz/2015/0659>.
11. Morariu N. A neural network model for time series forecasting / N. Morariu, E. Iancu, S. Vlad // Romanian Journal of Economic Forecasting. – 2009. – Issue 4. – P. 213-223.
12. Pradhan R.P. Forecasting Exchange Rate in India: An Application of Artificial Neural Network Model / R.P. Pradhan, R. Kumar // Journal of Mathematics Research. – 2010. – Vol. 2, Issue 4. – P. 111-117. <https://doi.org/10.5539/jmr.v2n4p111>.

13. Al-Jumeily D., Ghazali R., Hussain A. Predicting Physical Time Series Using Dynamic Ridge Polynomial Neural Networks / D. Al-Jumeily, R. Ghazali, A. Hussain // PLoS ONE. – 2014. – Vol 9, Issue 8. – P. e105766. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105766>.
14. Szoplik J. Forecasting of natural gas consumption with artificial neural networks / J. Szoplik // Energy. – 2015. – Vol. 85. – P. 208-220. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.084>.
15. Баласянян С.Ш. Сравнительный анализ методов регрессии и метода группового учета аргументов при моделировании процессов переработки полезных ископаемых / С.Ш. Баласянян, Э.М. Геворгян // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, №4. – С. 23-34.
16. Nivolianitou Z. Towards emergency management of natural disasters and critical accidents: The Greek experience / Z. Nivolianitou, B.A. Synodinou // Journal of Environmental Management. – 2011. – Vol. 92, Issue 10. – P. 2657-2665. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.003>.
17. Новоселов С.В. Проблемы прогнозирования количества чрезвычайных ситуаций статистическими методами / С.В. Новоселов, С.А. Панихидников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 10. – С. 60-71.
18. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році / УНДІ ЦЗ ДСНС України. – Київ, 2014. – 542 с.

References

1. State Service of Ukraine for Emergency Situations (2018), “Zvit pro osnovni rezultaty diyalnosti Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z nadzvychaynykh sytuatsiy u 2017 rotsi” [Report on the main results of the State Service of Ukraine for Emergencies in 2017], available at: [www.dsns.gov.ua/files/2018/1/26/Zvit%202017\(KMY\).pdf](http://www.dsns.gov.ua/files/2018/1/26/Zvit%202017(KMY).pdf).
2. Guskova, N.D. and Neretina, E.A. (2013), Threats of natural character, factors affecting sustainable development of territories and their prevention, *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic*, Vol. 63, Issue 3, pp.227-237. <https://doi.org/10.2298/ijgil303227g>.
3. Tiutiunyk, V.V., Ivanetz, H.V., Tolkunov, I.A. and Stetsyuk, E.I. (2018), System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations, *Scientific Bulletin of National Mining University*, Vol. 1, pp. 99-105. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/7>.
4. Ivanets, H., Horielyshev, S., Ivanets, M., Baulin, D., Tolkunov, I., Gleizer, N. and Nakonechnyi, A. (2018), Development of combined method for predicting the process of the occurrence of emergencies of natural character, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5, Issue 10(95), pp. 48-55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143045>.
5. Golovan, Yu.V. and Kozyr', T.V. (2015), “Zashchita naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh. Organizatsionno-metodicheskii kompleks” [Defence of population is in emergency situations. Organizationally-methodical complex], *Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet*, 219 p.
6. Ivanets, H.V. (2016), “Analiz stanu tekhnogennoi, pryrodnoi ta sotsialnoi nebezpeky administratyvno-terytorialnykh odynits Ukrainy na osnovi danykh monitorynhu” [Analysis of technogenic, natural and social danger the administrative-territorial units of Ukraine on the basis of monitoring data], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 3(48), pp. 142-145.
7. Neisser, F. and Runkel, S. (2017), The future is now! Extrapolated riskscape, anticipatory action and the management of potential emergencies, *Geoforum*, Vol. 82, pp. 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.04.008>.
8. Kryanev, A., Ivanov, V., Romanova, A., Sevastianov, L. and Udumyan, D. (2018), Extrapolation of Functions of Many Variables by Means of Metric Analysis, *EPJ Web of Conferences*, Vol. 173:03014. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201817303014>.
9. Migalenko, K., Nuianzin, V., Zemlianskyi, A., Dominik, A. and Pozdieiev, S. (2018), Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 1, Issue 10(90), pp. 31-37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727>.
10. Junk, C., Delle Monache, L., Alessandrini, S., Cervone, G. and von Bremen, L. (2015), Predictor-weighting strategies for probabilistic wind power forecasting with an analog ensemble, *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 24, Issue 4, pp. 361-379. <https://doi.org/10.1127/metz/2015/0659>.
11. Morariu, N., Iancu, E. and Vlad, S. (2009), A neural network model for time series forecasting, *Romanian Journal of Economic Forecasting*, Issue 4, pp. 213-223.
12. Pradhan, R.P. and Kumar, R. (2010), Forecasting Exchange Rate in India: An Application of Artificial Neural Network Model, *Journal of Mathematics Research*, Vol. 2, Issue 4, pp. 111-117. <https://doi.org/10.5539/jmr.v2n4p111>.
13. Al-Jumeily D., Ghazali R. and Hussain A. (2014), Predicting Physical Time Series Using Dynamic Ridge Polynomial Neural Networks, *PLoS ONE*, Vol 9, Issue 8, pp. e105766. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105766>.
14. Szoplik, J. (2015), Forecasting of natural gas consumption with artificial neural networks, *Energy*, Vol. 85, pp. 208-220. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.084>.
15. Balasyanyan, S.Sh. and Gevorgyan, E.M. (2016) “Sravnitel'niy analiz metodov gruppovogo ucheta argumentov pri modelirovani processov pererabotki poleznykh iskopaemykh” [Comparative analysis of methods group account arguments at the imagineering processes waste-handling of minerals], *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiring georesursov*, Vol. 327, Issue 4, pp. 23-34.
16. Nivolianitou, Z. and Synodinou, B.A. (2011), Towards emergency management of natural disasters and critical accidents: The Greek experience, *Journal of Environmental Management*, Vol. 92, Issue 10, pp. 2657-2665. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.003>.

17. Novoselov, S.V. and Panikhidnikov, S.A. (2017), "Problemy prognozirovaniya kolichestva chrezvychaynykh situatsiy statisticheskimi metodami" [Problems of prognostication amount emergency situations by statistical methods], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, Vol. 10, pp. 60-71.

18. The Ukrainian Civil Protection Research Institute (2014), "Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2013 rotsi" [National report on the state of technological and natural security in Ukraine in 2014], Kyiv, 542 p.

Надійшла до редколегії 22.11.2018

Схвалена до друку 20.12.2018

Відомості про авторів:

Іванець Григорій Володимирович

кандидат технічних наук доцент
доцент кафедри Національного університету
цивільного захисту України,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4906-5265>

Іванець Михайло Григорович

кандидат технічних наук
науковий співробітник Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3106-7633>

Information about the authors:

Hryhorii Ivanets

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Lecturer of Department of National University
of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4906-5265>

Mykhailo Ivanets

Candidate of Technical Sciences
Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3106-7633>

АЛГОРИТМ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Г.В. Иванец, М.Г. Иванец

Для прогнозирования процесса возникновения чрезвычайных ситуаций в государстве широко используются методы регрессионного анализа. Регрессионная модель такого процесса, как правило, носит нелинейный характер и представляется в виде степенного полинома. При оценке параметров модели методом наименьших квадратов не всегда обеспечивается постоянство дисперсии остатков для каждого наблюдения или группы наблюдений. Это приводит к тому, что параметры регрессионной модели не будут иметь минимальную дисперсию, что ухудшает точность прогноза. В статье предложен алгоритм прогнозирования процесса возникновения чрезвычайных ситуаций с учетом ошибок регрессионной модели и уточнения оценок ее параметров на основе взвешенного метода наименьших квадратов. Результаты экспериментальных исследований подтверждают эффективность применения взвешенного метода наименьших квадратов для повышения точности прогнозирования процесса возникновения чрезвычайных ситуаций при использовании регрессионных моделей.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, регрессионная модель, взвешенный метод наименьших квадратов, точность прогноза.

ALGORITHM INCREASE EXACTNESS OF PROGNOSTICATION PROCESS ORIGIN EXTRAORDINARY SITUATIONS ON BASIS REGRESSIVE MODELS

H. Ivanets, M. Ivanets

Prevention origin extraordinary situations is a complex legal, socio-economic, political, organizationally technical and other measures, directed on adjusting natural and technogenic safety, leadthrough estimation risk levels, done early reacting, on the threat origin extraordinary situations on the basis information of monitoring, examination, researches and prognoses, in relation to the chapter possibilities with the purpose non-admission their outgrowing in extraordinary situations or softening of them possible consequences. An important aspect in relation to prevention and warning origin extraordinary situations is timely prognostication process their origin with the purpose minimization consequences from them. For prognostication process origin extraordinary situations the methods of regressive analysis are widely utilized in the state. The regressive model such process, as a rule, carries nonlinear character and appears as a sedate polynomial. At the estimation model parameters a least-squares method not always is provide constancy dispersion tailings for every supervision or group of supervisions. It results in that the parameters regressive model will not have minimum dispersion, that worsens exactness of prognosis. In the article the algorithm of prognostication process origin extraordinary situations is offered taking into account the errors of regressive model and clarification estimations its parameters on the basis the self-weighted least-squares method. The results experimental researches confirm efficiency of application the self-weighted least-squares method for the increase exactness prognostication process origin extraordinary situations at the use regressive models. Can be drawn on the got results for the ground of organizationally-technical measures in relation to providing readiness subdivisions and formings of civil defence, in particular Government service on the extraordinary situations of Ukraine, for the adequate reacting or warning of extraordinary situations and minimization their possible consequences.

Keywords: extraordinary situation, regressive model, self-weighted least-squares method, exactness of prognosis.