

Г. В. Іванець, І. О. Толкунов

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

КОМПЛЕКСНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗБИТКІВ ВНАСЛІДОК НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В ДЕРЖАВІ

Стаття присвячена вирішенню проблеми прогнозування можливих збитків нанесених державі внаслідок надзвичайних ситуацій. В більшості випадків для прогнозування збитків застосовують методи регресійного аналізу, факторного аналізу та статистико-ймовірнісні методи, які орієнтовані в основному на прогнозування окремих видів надзвичайних ситуацій та наслідків від них. Можливості комплексного вирішення задачі всебічного прогнозування не тільки можливості виникнення надзвичайних ситуацій в цілому, але й можливих збитків внаслідок них на основі фактографічної інформації про надзвичайні ситуації за деякий період моніторингу досліджені недостатньо. Все це дозволяє стверджувати, що доцільним є створення комбінованого методу прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій, що визначає **проблему та актуальність дослідження**. Корисність і доцільність застосування даного методу обумовлена тим, що комбінований метод об'єднує метод регресійного аналізу, метод факторного аналізу та ймовірнісно-статистичний метод прогнозу. Це дозволяє компенсувати недоліки одних за допомогою інших, що призведе до підвищення точності прогнозування. **Метою статті** є розробка комбінованого методу та комплексної моделі прогнозування збитків внаслідок надзвичайних ситуацій в державі. **Результати досліджень**. На основі комбінованого методу розроблена комплексна модель прогнозування збитків внаслідок надзвичайних ситуацій, яка дозволяє здійснювати прогноз збитків в цілому по державі та показників індивідуального ризику в регіонах країни на основі фактографічної інформації про надзвичайні ситуації за деякий період моніторингу. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що запропонована модель дозволяє комплексно вирішувати задачі прогнозування збитків внаслідок надзвичайних ситуацій різного характеру, загальних можливих збитків та показників індивідуального ризику в регіонах держави з середньою відносною похибкою прогнозу не більше десяти відсотків. **Висновки та область застосування результатів дослідження**. Запропонована комплексна модель дозволяє здійснювати прогнозування можливих завданих збитків та індивідуальних ризиків загинути внаслідок надзвичайних ситуацій як в державі в цілому, так і її регіонах, з метою адекватного реагування сил цивільного захисту та відпрацювання заходів щодо недопущення процесу виникнення надзвичайних ситуацій, можливої ліквідації їх наслідків з найбільшою ефективністю і найменшими втратами.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, моніторинг, збитки від надзвичайних ситуацій, індивідуальний ризик, комбінований метод прогнозу, комплексна модель.

Вступ

Постановка проблеми. Практика останніх років наочно показує сильний негативний вплив на економіку країн різноманітних надзвичайних ситуацій (НС), що вимагає адекватного реагування сил цивільного захисту щодо попередження або ліквідації їх наслідків з найменшими втратами. Аналіз фактографічної інформації про НС в Україні [1] показав, що протягом останніх років спостерігається стійка тенденція до зменшення загальної кількості НС та їх складових відповідно за видами, рівнями і регіональним розподілом, але рівень наслідків від них залишається практично незмінним та досить високим для більшості регіонів України. Так, наприклад, тільки за останні 5 років в державі сталося 795 НС, внаслідок яких загинуло 1266 людей, постраждало 5213 людей, завдано матеріальних збитків державі майже на 1599 млн. грн.

Попередження виникнення НС полягає в проведенні комплексу правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і інших заходів. Ці заходи спрямовані на регулювання природної та техногенної безпеки, проведення оцінки рівня ризиків, завчасне реагування на загрози виникнення НС [2]. Основою проведення заходів є фактографічна інформація моніторингу НС, експертизи, досліджень і прогнозів відносно можливого розвитку подій з метою недопущення переростання їх в НС або мінімізації можливих наслідків для людей і навко-

лишнього середовища [3]. Важливим аспектом щодо попередження процесів виникнення НС є завчасне прогнозування можливості виникнення і оцінки економічних наслідків та збитків від НС [4].

Таким чином, актуальність проведення досліджень, спрямованих на удосконалення методів прогнозування можливих збитків внаслідок НС в державі, пов'язана з необхідністю завчасного реагування на загрози виникнення НС і мінімізації можливих наслідків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Прогнозування можливих завданих збитків внаслідок НС можливе лише на основі аналізу фактографічної інформації про НС в державі за деякий період спостереження. Фактографічні методи прогнозування [5] базуються на даних моніторингу НС. До цих методів відносяться екстраполяційні і інтерполяційні методи, методи екстраполяції по огинаючим кривим, регресії і кореляції, факторні моделі, експертні моделі логічного моделювання, побудова сценаріїв розвитку [6, 7].

При прогнозуванні процесів виникнення НС та наслідків внаслідок них [8–10] розглядають: фактографічну інформацію про природні і техногенні джерела НС; можливі варіанти виникнення і розвитку НС (сценарії НС); моделі розвитку НС, які відображають розвиток досліджуваних процесів із використанням фактографічних даних; результати екстраполяції виявлених тенденцій; експертні оцінки. Аналіз літературних джерел з означеної проблема-

тики довів, що в більшості з них для вирішення цієї задачі застосовується методи регресійного аналізу, в меншій мірі досліджено статистично - імовірнісні методи, які використовують фактографічну інформацію за деякий період спостереження.

Загальний недолік розглянутих методів та моделей прогнозування полягає в орієнтації на прогнозування окремих видів НС та наслідків від них. Можливості комплексного вирішення задачі всебічного прогнозування не тільки можливості виникнення НС в цілому, але й можливих збитків внаслідок них на основі фактографічної інформації про НС за деякий період спостереження досліджені недостатньо. Все це дозволяє стверджувати, що доцільним є проведення досліджень, присвячених створенню комбінованого методу прогнозування наслідків НС. Розробка такого методу дозволить компенсувати недоліки одних за допомогою інших, і спрямована на підвищення точності прогнозування можливих збитків внаслідок НС в цілому по державі.

Метою статті є розробка комбінованого методу та комплексної моделі прогнозування збитків внаслідок НС в державі.

Виклад основного матеріалу

Під збитками будемо розуміти оцінені в грошовому вираженні наслідки НС. Різні показники наслідків НС за рахунок вираження їх у вартісній формі можуть бути зведені до узагальненого показника збитків внаслідок виникнення НС [11–13]. Величина збитків внаслідок НС в загальному вигляді може бути представлена наступним чином:

$$ЗБ = ЗБ_1 + ЗБ_2 + ЗБ_3 + ЗБ_4, \quad (1)$$

де $ЗБ$ – загальні збитки внаслідок НС; $ЗБ_1$ – збитки за рахунок втрати населення, які враховують: безповоротні втрати; збитки за рахунок санітарних втрат; $ЗБ_2$ – матеріальні і фінансові збитки у виробничо-побутовій сфері, які враховують: збитки в промисловому виробництві, збитки в сільському господарстві і інших галузях, збитки в сфері інфраструктури, збитки в області жилого фонду і майна громадян; $ЗБ_3$ – збитки нанесені навколишньому природному середовищу, які враховують: відшкодування збитків нанесених навколишньому середовищу, збитки нанесені тваринному і рослинному світу, затрати на відновлення якості природного середовища; $ЗБ_4$ – збитки за рахунок необхідності попередження і ліквідації НС, які враховують: витрати на евакуацію населення, витрати на проведення рятувальних і інших невідкладних робіт, витрати на життєзабезпечення потерпілого населення, витрати на виплату грошової компенсації населенню.

Загальні збитки внаслідок НС [14] є сумою завданих збитків внаслідок НС техногенного, природного та соціального характеру:

$$ЗБ = ЗБ_{ТХ} + ЗБ_{ПХ} + ЗБ_{СХ}, \quad (2)$$

де $ЗБ_{ТХ}$ – збитки внаслідок НС техногенного характеру; $ЗБ_{ПХ}$ – збитки внаслідок НС природного харак-

теру; $ЗБ_{СХ}$ – збитки внаслідок НС соціального характеру. Небезпека характеризується не тільки ймовірністю виникнення НС, але й тяжкістю її наслідків. НС приводять до негативної дії на суспільство, особистість, навколишнє середовище, в результаті якої їм можуть бути нанесені збитки – людські, соціальні, економічні, екологічні. Наслідки об'єднують всі види змін в суспільстві і різних сферах діяльності держави, які ініційовані або підсилені стихійними явищами, що виникли. Втрати – це частина наслідків, які пов'язані з негативними змінами в основних сферах діяльності людини і держави. Результатами негативних змін можуть бути: хвороби або навіть смерть людей, порушення процесу нормальної господарської діяльності, втрата того чи іншого виду власності, інших матеріальних, культурних, історичних або природних цінностей, погіршення якості природного навколишнього середовища. Поняття «наслідки стихійного явища» носить узагальнений економічний характер. В той же час збитки – це економічна характеристика, яка представляє наслідки у вартісному вираженні, тобто збитки – це оцінені в грошовому вираженні наслідки [14]. На основі фактографічної інформації знайдемо середній збиток на одну НС відповідно для природних, техногенних і соціальних НС [12]:

$$ЗБ_{ПХ}^{одна} = ЗБ_{ПХ\Delta\tau}^{сум} / n_{ПХ\Delta\tau}^{сум}; \quad ЗБ_{ТХ}^{одна} = ЗБ_{ТХ\Delta\tau}^{сум} / n_{ТХ\Delta\tau}^{сум}; \\ ЗБ_{СХ}^{одна} = ЗБ_{СХ\Delta\tau}^{сум} / n_{СХ\Delta\tau}^{сум}, \quad (3)$$

де $ЗБ_{ПХ}^{одна}$, $ЗБ_{ТХ}^{одна}$, $ЗБ_{СХ}^{одна}$ – середні збитки на одну НС відповідно природного, техногенного і соціального характеру; $ЗБ_{ПХ\Delta\tau}^{сум}$, $ЗБ_{ТХ\Delta\tau}^{сум}$, $ЗБ_{СХ\Delta\tau}^{сум}$ – сумарні збитки внаслідок НС відповідно природного, техногенного і соціального характеру за період спостереження $\Delta\tau$; $n_{ПХ\Delta\tau}^{сум}$, $n_{ТХ\Delta\tau}^{сум}$, $n_{СХ\Delta\tau}^{сум}$ – сумарна кількість НС відповідно природного, техногенного і соціального характеру за період спостереження $\Delta\tau$.

Величина щорічних прогнозних збитків внаслідок НС відповідно природного, техногенного і соціального характеру [14] обчислюється таким чином:

$$ЗБ_{npПХ} = n_{npПХ} \cdot ЗБ_{ПХ}^{одна}; \quad ЗБ_{npТХ} = n_{npТХ} \cdot ЗБ_{ТХ}^{одна}; \\ ЗБ_{npСХ} = n_{npСХ} \cdot ЗБ_{СХ}^{одна}, \quad (4)$$

де $ЗБ_{npПХ}$, $ЗБ_{npТХ}$, $ЗБ_{npСХ}$ – прогнозні збитки внаслідок НС відповідно природного, техногенного та соціального характеру; $n_{npПХ}$, $n_{npТХ}$, $n_{npСХ}$ – прогнозна кількість НС відповідно природного, техногенного та соціального характеру.

Для прогнозування кількості НС $n_{npПХ}$, $n_{npТХ}$, $n_{npСХ}$ відповідно природного, техногенного та соціального характеру використовуються методи регресійного, факторного аналізу та ймовірнісно-статистичний метод прогнозу [15].

Загальні прогнозні збитки внаслідок НС є сумою збитків внаслідок НС техногенного, природного і соціального характеру:

$ZB_{np} = ZB_{npПХ} + ZB_{npТХ} + ZB_{npСХ}$, (5)
 де ZB_{np} – загальні прогнозні збитки внаслідок НС.

Середня величина індивідуального ризику на території України визначається відношенням кількості загиблих внаслідок реалізації потенційних небезпек до чисельності населення території. Порівня-

льна оцінка рівня потенційних небезпек здійснюється шляхом співставлення середніх величин індивідуального ризику в державі і її регіонах [15].

Комплексна модель прогнозування збитків внаслідок НС в державі на основі фактографічної інформації за деякий період спостереження приведена на рис. 1.

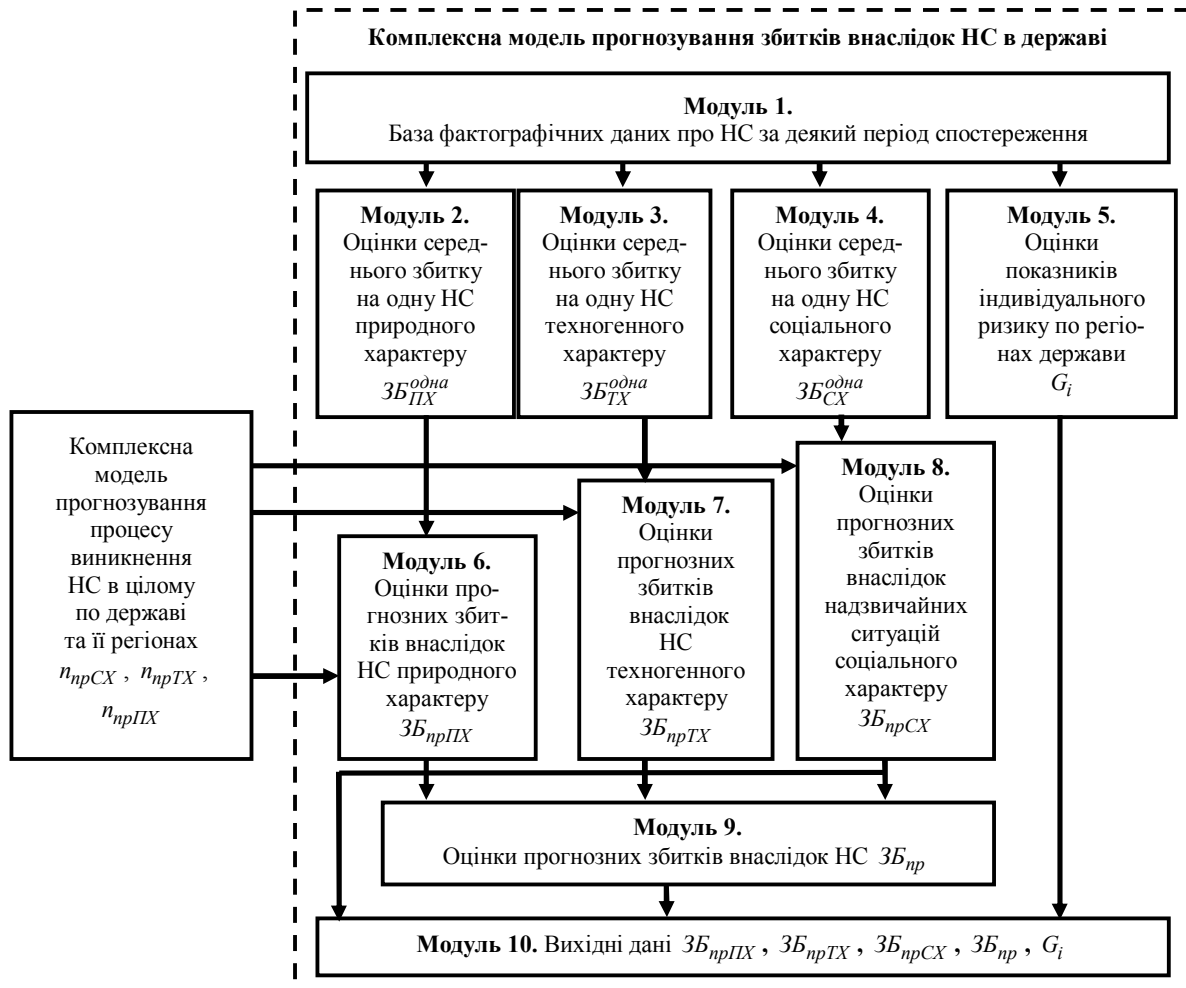


Рис. 1. Комплексна модель прогнозування збитків внаслідок надзвичайних ситуацій в державі

Модуль 1 – база фактографічних даних про НС в державі за деякий період спостереження. Ці дані є основою для проведення відповідних оцінок в модулях 2, 3, 4, 5. **Модуль 2** призначений для оцінки середнього збитку на одну НС природного характеру $ZB_{ПХ}^{одна}$ в державі на основі фактографічної інформації про НС. **Модуль 3** призначений для оцінки середнього збитку на одну НС техногенного характеру $ZB_{ТХ}^{одна}$ в державі на основі фактографічної інформації про НС. **Модуль 4** призначений для оцінки середнього збитку на одну НС соціального характеру $ZB_{СХ}^{одна}$ в державі на основі фактографічної інформації про НС. **Модуль 5** призначений для оцінки показників індивідуального ризику G_i в регіонах держави на основі фактографічної інформації про НС. **Модуль 6** призначений для оцінки прогнозних збитків $ZB_{npПХ}$ внаслідок НС природного характеру на основі даних, які поступають від комплексної

моделі прогнозування процесу виникнення НС в цілому по державі та її регіонах ($n_{npПХ}$) і модуля 2 ($ZB_{ПХ}^{одна}$). **Модуль 7** призначений для оцінки прогнозних збитків $ZB_{npТХ}$ внаслідок НС техногенного характеру на основі даних, які поступають від комплексної моделі прогнозування процесу виникнення НС в цілому по державі та її регіонах ($n_{npТХ}$) і модуля 3 ($ZB_{ТХ}^{одна}$). **Модуль 8** призначений для оцінки прогнозних збитків $ZB_{npСХ}$ внаслідок НС соціального характеру на основі даних, які поступають від комплексної моделі прогнозування процесу виникнення НС в цілому по державі та її регіонах ($ZB_{СХ}^{одна}$) і модуля 4 ($ZB_{СХ}^{одна}$). Модуль 9 призначений для оцінки прогнозних збитків ZB_{np} внаслідок НС на основі даних, які поступають від модулів 6, 7 і 8. Вихідними даними (**модуль 10**) є прогнозні збитки

ZB_{npPX} внаслідок НС природного характеру, прогнозні збитки ZB_{npTX} внаслідок НС техногенного характеру, прогнозні збитки ZB_{npCX} внаслідок НС соціального характеру, прогнозні збитки ZB_{np} внаслідок НС, показники індивідуального ризику G_i по регіонах держави на основі фактографічної інформації про НС.

Для перевірки ефективності застосування запропонованої моделі (рис. 1) здійснимо прогноз можливих збитків внаслідок НС в 2013 році по Україні на основі фактографічної інформації про НС за 1997-2012 роки. Графік залежності загальних збитків від сумарної кількості НС природного, техногенного та соціального характеру в Україні за 1997-2013 роки [16] показано на рис. 2.

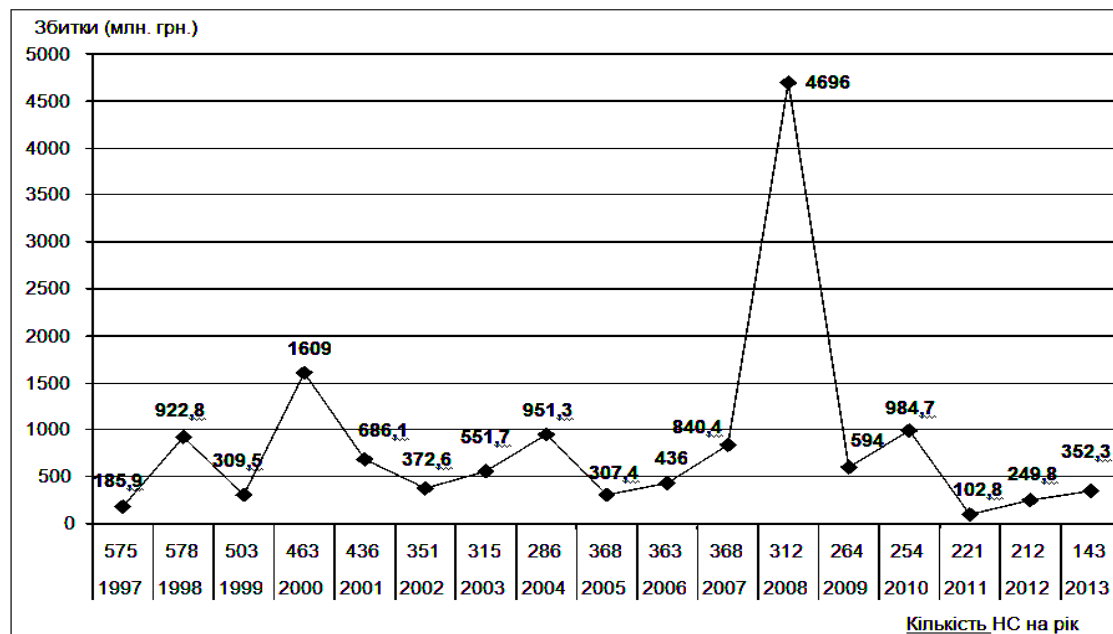


Рис. 2. Графік залежності збитків від кількості надзвичайних ситуацій

За фактографічними даними на протязі 1997-2013 років внаслідок НС техногенного та природного характеру завдано збитків на суму 14152,3 млн. грн., середні збитки за рік склали 832,5 млн. грн., майже 86% збитків від загальної їх кількості припадає на НС природного характеру, більше 9% - на НС техногенного характеру і лише близько 5% - на НС соціального характеру. Середні збитки $ZB_{npTX}^{одна}$, $ZB_{npTX}^{одна}$, $ZB_{npCX}^{одна}$ на одну НС (млн. грн.) відповідно природного, техногенного і соціального характеру за період спостереження Δt (1997-2012 роки) склали 5,4 млн. грн., 0,5 млн. грн., 0,04 млн. грн. На основі цих даних зробимо прогноз можливих збитків внаслідок НС відповідно природного, техногенного, соціального характеру (4) і загальних збитків внаслідок НС в 2013 році (5) (прогнозні значення кількості НС природного, техногенного і соціального характеру складають відповідно від 56 до 58, від 74 до 88, від 12 до 14). В результаті розрахунків прогнозні збитки внаслідок НС можуть скласти від 339,88 до 357,76 млн. грн., з них внаслідок НС природного характеру – від 302,4 до 313,2 млн. грн., внаслідок НС техногенного характеру – від 37 до 44 млн. грн., внаслідок НС соціального характеру – від 0,48 до 0,56 млн. грн. Реально внаслідок НС природного характеру в 2013 році було завдано збитків на суму 291 млн. грн., внаслідок НС техногенного характеру – 61 млн. грн., внаслідок НС соціального характеру – близько 0,4 млн. грн., загальні збитки

внаслідок НС склали майже 353 млн. грн. Середня відносна похибка прогнозу складала близько десяти відсотків.

Узагальненим показником захисту населення від потенційних небезпек [15] є середня величина індивідуального ризику (G_i). У відповідності з комплексною моделлю (рис. 1) оцінка його відбувається в модулі 5. Показники індивідуального ризику [15] по регіонах України (1 – Волинська, 2 – Дніпропетровська, 3 – Донецька, 4 – Житомирська, 5 – Закарпатська, 6 – Запорізька, 7 – Івано-Франківська, 8 – Київська, 9 – Кіровоградська, 10 – Луганська, 11 – Львівська, 12 – Миколаївська, 13 – Одеська, 14 – Полтавська, 15 – Рівненська, 16 – Сумська, 17 – Харківська, 18 – Херсонська, 19 – Хмельницька, 20 – Черкаська, 21 – Чернігівська області) в 2013 році наведені на графіку (рис. 3).

Аналіз графіка (рис. 3) показує, що найбільші показники індивідуального ризику притаманні Хмельницькій (13е–6), Волинській (11е–6), Запорізькій (10е–6), Сумській (10е–6), Луганській (9е–6), Донецькій (9е–6), Львівській (9е–6), Чернігівській (8е–6) та Харківській (8е–6) областям. Відносні похибки прогнозу складають не більше шести відсотків.

Таким чином, запропонована комплексна модель дозволяє здійснювати прогноз збитків внаслідок НС та показників індивідуального ризику по регіонах держави на основі фактографічної інформації за деякий період спостереження з відносною похибкою прогнозу близько десяти відсотків.

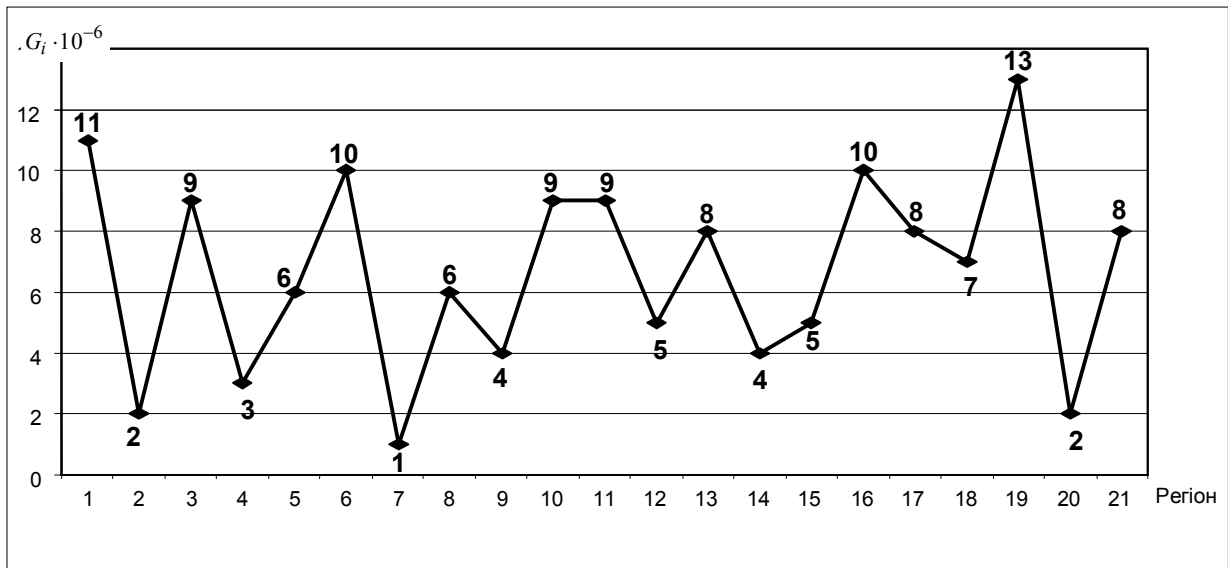


Рис. 3. Розподіл індивідуального ризику по регіонах України

Висновки

1. Запропоновано комбінований метод прогнозування збитків внаслідок надзвичайних ситуацій в державі, який об'єднує методи регресійного аналізу та ймовірно-статистичний метод прогнозування. Це дозволяє компенсувати недоліки одних методів за допомогою інших з метою підвищення точності прогнозування.

Перевага методу полягає в тому, що він дозволяє здійснювати комплексне прогнозування як загальних збитків внаслідок НС та індивідуального ризику по регіонах держави, так і збитків внаслідок НС різного характеру.

2. На основі комбінованого методу запропонована комплексна модель прогнозування збитків внаслідок НС в державі. Вона включає інформаційно об'єднані в єдине ціле та ув'язані між собою входними і вихідними даними та іншими параметрами модулі, кожний з яких вирішує конкретні завдання.

3. На основі фактографічних даних про НС в Україні проведені експериментальні дослідження ефективності застосування комплексної моделі для прогнозування збитків внаслідок НС в державі. В результаті досліджень встановлено, що модель дозволяє здійснювати прогноз можливих збитків внаслідок НС в державі з середньою відносною похибкою прогнозу не більше 10%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванець Г.В. Аналіз стану техногенної, природної та соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України на основі даних моніторингу. // Збірник наукових праць ХУПС. –Х. ХУПС, 2016. – Вип. 3 (48). – С.142-145.
2. Nivolianitou Z., Synodinou B. A Towards emergency management of natural disasters and critical accidents: The Greek experience // Journal of Environmental Management. 2011. Vol. 92. Issue 10. P.2657-2665. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.003.
3. Голован, Ю. В., Козырь Т. В. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Организационно-методический комплекс. / Издательство «Проспект», Дальневосточный государственный технический университет, 2015. 219 с.
4. Neisser F., Runkel S. The future is now! Extrapolated riskscape, anticipatory action and the management of potential emergencies // Geoforum, 2017. Vol. 82. P. 170-179. doi: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.04.008.
5. Новоселов С. В., Панихидников С. А. Проблемы прогнозирования количества чрезвычайных ситуаций статистическими методами. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. №10. С.60-71.
6. Kryanev A., Ivanov V., Romanova A., Sevastianov L., Udumyan D. Extrapolation of Functions of Many Variables by Means of Metric Analysis // EPJ Web of Conferences. 2018. Vol. 173:03014. doi: https://doi.org/10.1051/epjconf/201817303014.
7. Migalenko K., Nuianzin V., Zemlianskyi A., Dominik A., Pozdieiev S. Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 1, Issue 10(90). P.31-37. doi:https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727.
8. Tsurikov A.N. Application of artificial neural network for identification of stability of bottom layer of atmosphere // Applied and Fundamental Studies: Proc. of the 2nd Int. Acad. Conf. March 8-10, 2013. – St. Louis, Missouri, USA, 2013. – P. 226-231.
9. Aygul Gabdulhakova, Birgsta Konig-Ries, Dmitry Rizvanov. Rational Resource Allocation in Mass Casualty Incidents – Adaptivity and Efficiency. Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference – Vancouver Canada, April 2012.
10. Deng, S.C., Wu, Q., Shi, B., et al. (2014) Prediction of Resource for Responding Waterway Transportation Emergency Based on Case-Based Reasoning. China Safety Science Journal, 24, P.79-84.
11. Баскин Ю.Г., Горбунов А.А., Савельев Ю.С. Предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Проблемы управления рисками в техносфере. СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2014. № 3.
12. Горбунов С.В., Макиев Ю.Д., Малышев В.П. Анализ технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – ISSN 2224-8617. Том 1, 2011, №1(1).
13. Іванець Г.В. Алгоритм прогнозування надзвичайних ситуацій природного характеру в цілому, за видами та рівнями, можливих завданнях збитків внаслідок них / Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2016. Вип. 8(145). – С.175-179.

14. Іванець Г.В. Алгоритм прогнозування загальних завданих збитків внаслідок надзвичайних ситуацій, необхідних матеріально-технічних ресурсів та особового складу для ліквідації чи запобігання їм / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал. – Х.: ХНУПС, 2017. Вип. 1(26). – С.140-145.
15. Горелишев С.А. Комплексна модель передбачення процесу виникнення надзвичайних ситуацій в цілому по державі та її регіонах / С.А. Горелишев, Г.В. Іванець, М.Г. Іванець // Збірник наукових праць НАДПСУ – Хмельницький.: НАДПСУ, 2018. – Вип. 1(75). – С.320-331.
16. Gregory Ivanec, Stanislav Gorelyshev, Mykhajlo Ivanec. Risk of emergency situations of technogenic natural nature in the territory of Ukraine // Scientific magazine of The Open Diplomacy Association. 2017. Vol. 42. Issue 2. P.180-193.
17. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році / УНДІ ЦЗ ДСНС України. Київ, 2014. 542 с.

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. В. В. Тюпоник,
 Національний університет цивільного захисту України, Харків
 Received (Надійшла) 11.10.2018
 Accepted for publication (Прийнята до друку) 28.11.2018

Комплексная модель прогнозирования ущерба вследствие чрезвычайных ситуаций в государстве

Г. В. Иванец, И. А. Толкунов

Статья посвящена решению проблемы прогнозирования возможного ущерба нанесенного государству вследствие чрезвычайных ситуаций. В большинстве случаев для прогнозирования ущерба применяют методы регрессионного анализа, факторного анализа и статистико-вероятностные методы, которые ориентированы в основном на прогнозирование отдельных видов чрезвычайных ситуаций и последствий от них. Возможности комплексного решения задачи всестороннего прогнозирования не только возможности возникновения чрезвычайных ситуаций в целом, но и возможного ущерба вследствие их на основе фактографической информации о чрезвычайных ситуациях за некоторый период мониторинга исследованы недостаточно. Все это позволяет утверждать, что целесообразным является создание комбинированного метода прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций, что определяет **проблему и актуальность исследования**. Полезность и целесообразность применения данного метода обусловлена тем, что комбинированный метод объединяет метод регрессионного анализа, метод факторного анализа и вероятностно-статистический метод прогноза. Это позволяет компенсировать недостатки одних с помощью других, что приведет к повышению точности прогнозирования. **Цель статьи** – разработка комбинированного метода и комплексной модели прогнозирования ущерба вследствие чрезвычайных ситуаций в государстве. **Результаты исследований**. На основе комбинированного метода разработана комплексная модель прогнозирования ущерба вследствие чрезвычайных ситуаций, которая позволяет осуществлять прогноз ущерба в целом по государству и показателей индивидуального риска в регионах страны на основе фактографической информации о чрезвычайных ситуациях за некоторый период мониторинга. В результате исследований установлено, что предложенная модель позволяет комплексно решать задачи прогнозирования ущерба вследствие чрезвычайных ситуаций различного характера, общего возможного ущерба и показателей индивидуального риска в регионах государства со средней относительной ошибкой прогноза не более десяти процентов. **Выводы и область применения результатов исследования**. Предложенная комплексная модель позволяет осуществлять прогнозирование возможного нанесенного ущерба и индивидуальных рисков погибнуть вследствие чрезвычайных ситуаций как в государстве в целом, так и его регионах, с целью адекватного реагирования сил гражданской защиты и отработки мероприятий относительно недопущения процесса возникновения чрезвычайных ситуаций, возможной ликвидации их последствий с наибольшей эффективностью и наименьшими затратами.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, мониторинг, ущерб от чрезвычайных ситуаций, индивидуальный риск, комбинированный метод прогноза, комплексная модель.

Complex model for proliferation of damage influence of external situations in the state

H. Ivanets, I. Tolkunov

The article is devoted to solving the problem of forecasting possible damage to the state caused by emergency situations. In most cases, regression analysis, factor analysis, and statistical-probabilistic methods are used to predict damage, which are mainly focused on prediction of individual types of emergencies and the consequences of them. Possibilities of an integrated solution to the problem of comprehensive forecasting not only the possibility of occurrence of emergency situations in general, but also possible damage due to them on the basis of factual information on emergency situations for a certain period of monitoring is insufficiently studied. All this allows us to assert that it is expedient to create a combined method of forecasting the consequences of emergency situations, which determines the problem and relevance of the research. The utility and expediency of using this method is due to the fact that the combined method combines the method of regression analysis, the method of factor analysis and the probabilistic-statistical method of forecasting. This allows you to offset some of the drawbacks with others, which will increase the accuracy of prediction. **The purpose of the article** is the development of a combined method and a comprehensive model for forecasting damage due to emergency situations in the state. **Research results**. On the basis of the combined method, a comprehensive model of prediction of damage due to emergency situations has been developed, which allows the forecast of damage in general by the state and indicators of individual risk in the regions of the country based on factual information on emergencies during a certain period of monitoring. As a result of experimental studies, it has been established that the proposed model allows to solve the problems of forecasting damage due to emergency situations of different character, the total possible damage and indicators of individual risk in regions of the state with a mean relative error of forecast not more than ten percent. **Conclusions and scope of research results**. The proposed comprehensive model allows forecasting of possible damage and individual risks to be lost due to emergency situations both in the state as a whole and in its regions, in order to adequately respond to the forces of civilian security and to work out measures to prevent the emergence of emergency situations, the possible elimination of their consequences with the greatest efficiency and least cost.

Keywords: emergency situation, monitoring, damage from emergency situations, individual risk, combined forecasting method, integrated model.