

УДК 330.46:51-75

С. О. Іллічевський,  
аспірант кафедри економічної кібернетики Київського національного університету ім. Тараса Шевченка

## ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ СТРАХОВИХ КОМПАНІЙ

**Анотація:** дана стаття присвячена дослідженню і розробці нових типів моделей управління ризиками страхових компаній, в яких будуть поєднуватися актуарні моделі з штучними нейронними мережами. Такий комбінований підхід дасть можливість поєднати переваги обох методів і значно збагатити економіко-математичного апарату українського ринку страхових послуг.

**Annotation:** this article is devoted to the research and development of the new types of models of running the insurance companies' risks. These methods combine the actuarial models and neural networks. This complex approach will allow the uniting of the advantages of both methods and enriching the economic-mathematical instruments of the Ukrainian insurance market.

**Ключові слова:** фінансові ризики, фінансові потоки, страхові виплати, страхові премії, страховий капітал, страхові резерви, ймовірність банкрутства, час банкрутства, випадковий ймовірносний розподіл, випадковий стохастичний процес.

I. Вступ. На сьогоднішній день не можливо собі уявити ринкову економіку без ризику. З ним пов'язана практично будь-яка економічна діяльність. Тому існує велика потреба обрахувати, спрогнозувати і по можливості мінімізувати ризик. Страхування – це одна з галузей економіки, котра постійно піддається ризикам банкрутства. Саме це є однією з найголовніших проблем – обчислення ймовірності банкрутства страхових компаній.

З ростом масштабів суспільно-економічних потреб і процесів глобалізації значущість страхування невпинно зростає в економіках всіх країн світу. Україна в цьому плані має досить невеликий досвід через вади перехідної економіки.

Ця робота є однією з перших, в якій поєднуються актуарні дослідження з моделюванням за допомогою штучних нейронних мереж. Існує низка актуарних методів для точного оцінювання ймовірності банкрутства. Основним недоліком цих методів є їх ускладненість при спробах досягти точного результату ймовірності.

**II. Постановка задачі.** Одна з головних проблем на сьогоднішній для актуарного аналізу українського страхового ринку є відсутність великої статистичної бази, яка необхідна при будь-якому економічному моделюванні. Цю проблему можна вирішити за допомогою моделювання штучними нейронними мережами. Прогнози побудовані таким чином можна використовувати як вхідну інформацію для актуарних моделей.

**Метою дослідження** є якісне і кількісне збагачення економіко-математичного апарату українського ринку страхових послуг шляхом поєднання методів штучних нейронних мереж для прогнозування фінансових потоків страхових компаній з актуарними моделями обрахунку ймовірностей їх банкрутства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вагомий вклад у дослідження теоретико-методологічних та організаційно-правових основ страхової діяльності внесли такі вчені, як В.Д. Базилевич [2], К.С. Базилевич [2], Р.В. Пікус [2, 10], А.О. Старостіна [2], О.Ф. Філонюк [2], О.І. Черняк [2, 10, 14, 15], А.Б. Камінський [8], О.І. Ляшенко [9], В.В. Шпірко [10], М.М. Александрова [1], Н.Н. Внукова [4], О.А. Гвозденко [5], О.Д. Заруба [7], В. С.С. Осадець [12], Л.І. Рейтман [11], О.О. Слісаренко [6], В.В. Шахов [13], та ін.

### III. Результати.

Для будь-якого нейронного моделювання необхідна велика довжина вхідних векторів. Середня мінімальна їх довжина становить приблизно 500 – 600 елементів.

В цій роботі будувалася нейронна модель моделювання фінансових потоків для деякої реально існуючої української страхової компанії.

В результаті моделювання і прогнозування були отримані такі фінансові потоки страхової компанії:

1. кількість зібраних страхових премій за місяць, шт.
2. сумарний місячний об'єм зібраних страхових премій, грн.
3. середній місячний об'єм зібраних страхових премій, грн.
4. кількість отриманих страхових повідомлень за місяць, шт.
5. сумарний місячний об'єм виплачених страхових виплат, грн.
6. середній місячний об'єм виплачених страхових виплат, грн.
7. величина наявного страхового капіталу за даний місяць, грн.

Для вхідної інформації використовувалися такі ж показники по кількості і об'ємам страхових виплат і премій. Але вони були відображені не за кожний місяць, а за кожний день з 2001 року по 2008 рік.

Під час моделювання в нейронній мережі, денні дані оброблялися і видавався прогноз. Для збільшення його точності, прогнозовані дані додавалися за кожен місяць. При цьому зменшувалися похибки неточності прогнозів. Під час навчання нейронних мереж використовувалися алгоритми "змагання" в три- і чотирирівневих нейронних мережах. Нижче наведений приклад вхідної інформації: місячні дані за 2001 рік для нашої страхової компанії.

Таблиця 1. Місячні дані фінансових потоків за 2001 рік (авторська розробка)

Місяць	Кількість премій за місяць, шт.	Об'єм премій за місяць, грн.	Середні премії за місяць, грн.	Кількість виплат за місяць, шт.	Об'єм виплат за місяць, грн.	Середні виплати за місяць, грн.	Страховий капітал за місяць, грн.
01	468	82196,3	175,63	1	11821	11821	70375,3
02	2132	112166	52,61	8	10012,2	1251,53	102153,8
03	798	30797,6	38,59	7	9843,6	1406,23	20954
04	845	101792	120,46	3	7687,33	2562,44	94104,67
05	537	170765	318	3	7346,62	2448,87	163418,4
06	1462	157475	107,71	5	7391,04	1478,21	150084
07	2096	164976	78,71	2	6204,83	3102,42	158771,2
08	1462	157331	107,61	3	7950,16	2650,05	149380,8
09	1031	143383	139,07	5	10927,3	2185,46	132455,7
10	305	80787,3	264,88	8	8049,59	1006,2	72737,71

11	2142	10065,8	4,7	7	8243,85	1177,69	1821,95
12	2344	23844	10,17	5	9703,81	1940,76	14140,19

При побудові нейронних моделей використовувалися три- і чотирирівневі моделі. В результаті моделювання нейронною мережею було відібрано 20 найкращих мереж по кожному з семи фінансових показників, що ми мали на меті моделювати.

Найбільш важливим фінансовим потоком страхової компанії є її наявний на даний момент страховий капітал. Ця величина дуже тісно пов'язана з ймовірністю банкрутства самої компанії. Цей капітал обчислювався як різниця між сумарним місячним об'ємом зібраних страхових премій і сумарним місячним об'ємом виплачених страхових виплат.

Наведемо тепер приклад найкращої нейронної мережі для моделювання стану страхового капіталу страхової компанії. Регресійні статистичні результати цієї нейронної моделі виявилися найкращими і мають найменші показники стандартних квадратичних відхилень і коефіцієнти кореляції для тієї частини вибірки, що тестується.

**Таблиця 2. Регресійна статистика найкращої чотирирівневої нейронної мережі (авторська розробка)**

	Tr. VAR	Ver. VAR	Tes. VAR
Data Mean	48191,28	46996,84	48350,04
Data S.D.	31172,28	28261,49	42339,38
Error Mean.	300,104	253,1155	-129,2
Error S.D.	291,31	231,61	374,44
Abs. E. Mean.	150,09	208,92	291,68
S.D. Ratio.	0,965457	0,917643	0,989601
Correlation.	0,988538	0,981526	0,986359

Опишемо тепер результати моделювання всіх фінансових потоків в нейронних мережах. В результаті застосування нейромодуля, було отримано прогнози всіх семи фінансових потоків на 2009 рік. Ці прогнози наведені в таблиці нижче.

**Таблиця 3. Результати прогнозування за допомогою нейронних мереж місячних показників фінансових потоків на 2009 рік (авторська розробка)**

Місяць	Кількість премій, шт.	Об'єм премій, грн.	Середні премії, грн.	Кількість виплат, шт.	Об'єм виплат, грн.	Середні виплати, грн.	Страховий капітал, грн.
01	2638	463248	990	6	66622	66622	396626
02	12016	632154	297	45	56428	7053	575726
03	4497	173571	217	39	55477	7925	118094
04	4762	573687	679	17	43325	14442	530362
05	3026	962410	1792	17	41405	13802	921006
06	8240	887510	607	28	41655	8331	845855
07	11813	929784	444	11	34970	17485	894815
08	8240	886698	606	17	44806	14935	841892
09	5811	808089	784	28	61585	12317	746504
10	1719	455307	1493	45	45366	5671	409941
11	12072	56730	26	39	46461	6637	10268
12	13210	134382	57	28	54689	10938	79692

Результати даного моделювання в нейронних мережах були застосовані в актуарних моделях для підрахунку ймовірностей банкрутства срахової компанії.

Для інших компаній не було можливо це зробити, оскільки статистика наявна для цих компаній не відповідала необхідним умовам для нейронного моделювання. Тобто довжина вибірки вхідних даних для них складала менше ста елементів. Більш детальна інформація по цих компаніях є в наявності лише для внутрішніх користувачів компанії.

В наступних підрозділах цього розділу приводяться актуарні розрахунку ймовірності розорення страхових компаній.

**Моделювання за допомогою актуарної моделі А.Г. Гурсєва**

Далі результати прогнозів, отриманих за допомогою штучних нейронних мереж, використовуються в актуарній моделі А.Г. Гурсєва для обрахунку ймовірності банкрутства страхової компанії.

Модель Гурсєва ґрунтується на знаходженні двосторонніх оцінок ймовірності краху страхової компанії при відомих рівнях виплат, їх середнього значення, дисперсії та обсягу початкового капіталу [21, 183].

Кінцеві формули оцінок такі:

Верхня оцінка:  $\psi(x) \leq \bar{\psi}(x) = e^{-R^i x}$  [36, 182], де

$$R^i = \frac{1}{2\varphi_2 M(a)} \left( -\varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 + 4\rho\varphi_2 M(a)} \right) \tag{1}$$

нижня оцінка:

$$\psi(x) \geq \underline{\psi}(x) = \exp \left( \log(1-q) \left( \frac{x}{\varphi_1} + \frac{\varphi_2}{\varphi_1^2} \right) \right) \equiv K \exp(-R^i x)$$

де

$$R^i = \frac{\log(1-q)}{\varphi_1} \quad K = \exp \left( \log(1-q) \frac{\varphi_2}{\varphi_1^2} \right) \tag{2}$$

При обчисленні двосторонніх оцінок, отримано наступні результати, що наведені в таблиці нижче.

**Таблиця 4. Результати застосування моделі Гурсєва (авторська розробка)**

Нижня оцінка ймовірності	Верхня оцінка ймовірності
0,1336	0,1407

Аналіз одержаних результатів по моделі:

1. Відносно великих розмах двосторонніх оцінок ймовірностей банкрутства свідчить про малу потужність вхідної статистичної інформації.
2. Великі ймовірності банкрутства пояснюються слабким розвитком ринку страхування на Україні і недостатністю економічного досвіду.

**Моделювання за допомогою актуарної моделі В.В. Калашникова**

Застосуємо тепер іншу актуарну модель для обрахунку ймовірності банкрутства страхової компанії на основі даних, отриманих при нейронному моделюванні.

Дана модель, як і попередня обчислює двосторонні оцінки ймовірності банкрутства страхової компанії. Одна з її відмінностей полягає у більш точному відображенні реального економічного стану. Це досягається тим, що модель використовує більше вхідних параметрів, тобто орієнтується не тільки на величину середніх страхових виплат і початковий капітал, як попередня, а ще на страхові премії і інтенсивність їх надходження [22, 5].

Кінцеві формули оцінок такі:

$$\frac{(\lambda_1 - R) \exp(-Rx)}{\lambda_1} \equiv \underline{\psi}(x) \leq \psi(x) \leq \bar{\psi}(x) \equiv \frac{\exp(-Rx)}{1 + R\bar{d}(R)} \quad (3)$$

$$\psi_a(x) = \frac{1}{2}(\bar{\psi}(x) + \underline{\psi}(x))$$

- найкраще наближене значення,

$$\Delta(x) = \frac{1}{2}(\bar{\psi}(x) - \underline{\psi}(x))$$

- абсолютне відхилення,

$$\delta(x) = \frac{\Delta(x)}{\psi_a(x)} = \frac{\bar{\psi}(x) - \underline{\psi}(x)}{\bar{\psi}(x) + \underline{\psi}(x)}$$

- відносне відхилення.

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda, \psi = \lambda, \bar{d}(R) = \underline{d}(R) = \frac{1}{\lambda - R} \quad [37, 8] \quad (4)$$

Беремо випадок, коли

Отже, застосування моделі дало наступні результати:

**Таблиця 5. Результати застосування моделі Калашникова**  
(авторська розробка)

Нижня оцінка ймовірності	Верхня оцінка ймовірності
0,1176	0,1179

Аналіз одержаних результатів по моделі:

1. Досить малий розмах двосторонніх оцінок ймовірностей банкрутства порівняно з попередньою моделлю свідчить про більшу потужність даної моделі за рахунок врахування додаткових параметрів, незважаючи на невеликий обсяг вхідної статистичної інформації.
2. Великі ймовірності банкрутства як і в попередній моделі пояснюються слабким розвитком ринку страхування на Україні і недостатністю економічного досвіду.

**IV. Висновки.** Мета даної роботи була поєднання моделей штучних нейронних мереж для прогнозування фінансових потоків з актуарними методами розрахунку ймовірностей краху страхових компаній.

Для побудови штучних нейронних мереж були обрані деякі вже відомі моделі, які застосовувалися в інших сферах економіко-математичного моделювання.

Для обрахунку актуарних моделей ймовірностей банкрутства були застосовані досягнення іноземних вчених у сфері актуарного моделювання. Це допомогло збагатити економіко-математичний апарат українського страхового ринку і адаптувати їх для нашої економіки.

Було представлено дві актуарні моделі двостороннього оцінювання ймовірності банкрутства страхової компанії. При проведенні науково-практичного дослідження і застосування моделей нейронних мереж і актуарних моделей, було отримано реальні дані стану українського страхового ринку. Даний сектор економіки є поки що слабо розвинутий і потребує, насамперед, потужного економіко-математичного апарату для досягнення високого рівня розвитку. Існує реальна потреба у подальшому дослідженні актуарною математики шляхом як адаптації вже існуючих, так створення власних нових економічних моделей.

Слабкий розвиток страхування на Україні пояснюється ще й низьким рівнем доходів населення і незацікавленістю них у витраті грошей на страхування, окрім деяких випадків.

Запропонований в роботі метод поєднання двох видів моделей (нейронних і актуарних) є гарною передумовою для подальшого розвитку економіко-математичного апарату, пошуку нових ідей та думок для розв'язання поставлених проблем перед українською економікою на тлі її міжнародної інтеграції.

Результати, наведені в роботі обраховані використовуючи офіційні джерела української державної страхової статистики.

Дані економіко-математичні моделі рекомендують використовувати у сфері страхування для збільшення потужностей позицій страхових фірм на ринку.

**Перспективи подальших розвідок.** Хоча у вітчизняній науці вже існують кілька методів обрахунку ймовірності банкрутства, дане дослідження може слугувати, збагаченням вже існуючих методів, більш детальним і паралельним дослідженням страхового ринку України.

**Список використаних джерел**

1. Александрова М. М. Страхування: Навч.-метод. Посіб // Александрова М. М. - К.: ЦУЛ, 2002. - 208 с.
2. Базилевич К.С. Страхування: Підручник // Базилевич В.Д., Базилевич К.С., Пікус Р.В., Філонюк О.Ф., Черняк О.І., Старостіна А.О., Шпирок В.В. // В.Д.Базилевич (ред.). - К.: Знання, 2008. - С. 1019.
3. Барановський О.І. розвиток страхового бізнесу в Україні //Фінанси України. -1996. -№8, с.20-24
4. Внукова Н.М., Временко Л.В., Успенко В.І. Страхування: теорія та практика. - Харків: Бурун-книга, 2004. - 376 с.
5. Гвозденко А.А. Финансово-экономические методы страхования. М.: Финансы и статистика, 2000
6. Залетов О.М., Слісаренко О.О. Основи страхового права України: Навч. посібн. - К., 2003.
7. Заруба О.Д. Страхова справа: Підручн. - К.: Товариство "Знання", КОО- 1998.-321 с.
8. Камінський А.Б. Моделювання фінансових ринків: [монографія] /А.Б.Камінський. - К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2006. - 304 с.
9. Ляшенко О.І. Математичне моделювання динаміки відкритої економіки // О.І.Ляшенко. - Рівне: Волинські береги, 2005. - 360 с.
10. Пікус Р.В. Управління фінансовими ризиками: Навчальний посібник // Р.В. Пікус, Н.В. Приказюк. - К.: Знання, 2010. - 598 с.
11. Страхование дело: Учебник // Рейтман Л.И., Коломин Е.В., Плешков А.П. и др.; Под ред. Рейтмана Л.И. - М.: Банк и биржевой науч.-кон-султ. центр, 1992. - 524 с.
12. Страхування: Підручник // Керівник авт. колективу і наук, ред. С. С. Осадець. - Вид. 2-ге, перероб. і доп. - К.: КНЕУ, 2002. - 599 с.
13. Шахов В.В. Страхование: Учебник. - М.: Страховой полис, ЮНИТИ, 1997. - 311 с.
14. Pavlenko T. Credit risk modeling using bayesian networks / T.Pavlenko, O.Chernyak // International Journal of Intelligent Systems.- 2010. -Volume 25, Issue 4.-Wiley Periodicals, Inc., A Wiley Company.- P.326 – 344 (USA).
15. Chernyak O. Classification of Financial Conditions of the Enterprises in Different Industries of Ukrainian Economy Using Bayesian Networks / O.Chernyak , Y.Chernyak // Proceedings of 5 International Conference On Information Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA-2011), September 8-11, 2011, Skiathos Island, Greece.- Volume II. -P.519-530.

Стаття надійшла до редакції 26.01.2012 р.



ТОВ "ДКС Центр"