

**Картолапов Д.М.**

магістр факультету економіки, бізнес-аналітики та підприємництва  
кафедри економіки, підприємництва та економічної безпеки  
Херсонського національного технічного університету

**Олійник Н.М.**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри економіки, підприємництва та економічної безпеки  
Херсонського національного технічного університету

## ПРОГНОЗУВАННЯ СТРАХОВОГО ВИПАДКУ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

*Статтю присвячено дослідженню і розробленню нових типів моделей управління ризиками страхових компаній. Як основа для них будуть використовуватися штучні нейронні мережі. Такий підхід дасть можливість прогнозувати страхові випадки з достатньою точністю, тому випадки із занадто високим ризиком отримають відмову. За результатами дослідження реалізовано програмний продукт для аналізу даних клієнтів. Отримані результати можуть бути використані в практичній діяльності страхових організацій.*

**Ключові слова:** модель, нейронні мережі, прогнозування страхового випадку, ризик, страхування.

*Статья посвящена исследованию и разработке новых типов моделей управления рисками страховых компаний. В качестве основы для них будут использоваться искусственные нейронные сети. Такой подход даст возможность прогнозировать страховые случаи с достаточной точностью, поэтому случаи со слишком высоким риском получают отказ. По результатам исследования реализован программный продукт для анализа данных клиентов. Полученные результаты могут быть использованы в практической деятельности страховых организаций.*

**Ключевые слова:** модель, нейронные сети, прогнозирование страхового случая, риск, страхование.

*The article is devoted to research and development of new types of risk management models of insurance companies. As a basis for them, artificial neural networks will be used. This approach will enable you to predict insurance cases with sufficient accuracy, so cases with too high risk will be denied. According to the results of the study implemented a software product for customer data analysis. The obtained results can be used in the practical activity of insurance organizations.*

**Keywords:** model, neural networks, forecasting of insured event, risk, insurance.

**Постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Страхування являє собою фінансову послугу, у рамках якої клієнт зобов'язується сплатити премію, а страхова компанія гарантує зробити страхові виплати у разі настання зазначених у договорі страхування подій (страхових випадків). Розмір плати за страхування фіксується під час укладення договору і не підлягає зміні. Щоб дана операція не була збитковою для страховика, її ціна повинна перевищувати собівартість [1].

Собівартість надання подібної послуги складається зі страхових виплат за договором і на-

кладних витрат, пов'язаних з укладенням та виконанням даного договору, а також із функціонуванням страхової компанії. Основну частину собівартості становлять виплати. Вони проводяться тільки у разі настання страхових випадків. Події, на випадок настання яких здійснюється страхування, повинні мати ознаки ймовірності та випадковості. При цьому залежно від виду страхування випадковість може бути пов'язана з:

- фактом настання (кількістю) страхових випадків;
- розміром виплати по кожному випадку;
- моментом настання страхових випадків.

Окрім того, елемент випадковості може бути присутнім і в зобов'язаннях страхувальника щодо сплати премій.

Ризик став об'єктивною передумовою виникнення страхової справи. Діяльність страхових компаній багато в чому пов'язана і залежить від ризиків. Страхові організації, як і інші суб'єкти господарювання, реалізують свою діяльність у ризиковому середовищі. Але на відміну від інших суб'єктів господарювання вони мають подвійне навантаження з погляду прояву ризиків, оскільки крім ризиків, які впливають на діяльність будь-якого суб'єкта господарювання, страхові організації акумулюють додаткові ризики інших суб'єктів господарювання в силу специфіки своєї діяльності [2].

Необхідно розробити методи боротьби та уникання ризиків, які дадуть змогу уникнути частини матеріальних утрат. Для цього можна використати штучні нейронні мережі, з їх допомогою можна побудувати модель для прогнозування страхових випадків клієнтів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спираються автори. Інформаційною базою для побудови нейронної мережі для прогнозу страхового випадку виступають роботи таких учених, як: І.Г. Аберніхіна [2], І.Г. Сокиринська [2; 3], Т.А. Говорушко, В.М. Стецюк [4], Н.І. Демчук [5], Л.В. Шірінян [6], П.В. Бондаренко [7], М.Д. Балджи, В.А. Карпов, А.І. Ковальов, О.О. Костусєв, І.М. Котова, Н.В. Сментина [8], А.Н. Горбань [9].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**, котрим присвячується означена стаття. У страхуванні фактична собівартість послуги завжди є випадковою величиною, тому під час розрахунку страхових премій необхідно кількісно оцінювати випадкові явища. Це вимагає застосування особливих підходів, заснованих на положеннях теорії ймовірностей та її окремих прикладних напрямів, таких як теорія ризику. Історично дані галузі математики і страхування були багато в чому взаємопов'язані.

Теорія ймовірностей дає змогу аналітично описати закономірності функціонування страхового фонду. Однак необхідні для такого підходу об'єктивно існуючі в природі значення ймовірностей страхових випадків і параметри розподілу величини збитків невідомі. Про них можна судити лише на основі систематизованих спостережень – статистичних даних, але за допомогою штучних нейронних мереж їх можна визначити з достатньо високою точністю.

Формулювання цілей статті (**постановка завдання**). Метою дослідження є пошук найкращого методу для прогнозування вірогідності настання страхових випадків, що дасть змогу відмовитися від занадто ризикованих операцій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сьогодні неможливо собі уявити ринкову економіку без ризику. З ним пов'язана практично будь-яка економічна діяльність, тому існує велика потреба обрахувати, спрогнозувати і за можливості мінімізувати ризик. Ризик є складовою частиною страхової діяльності, оскільки для неї, як і для будь-якої фінансово-економічної діяльності, характерним є високий рівень залежності прийняття управлінських рішень від впливу значної кількості чинників та дій контрагентів, які важко передбачити з необхідною точністю. Саме з невизначеністю або з імовірнісними процесами, зумовленими важкістю точного передбачення перебігу подій у майбутньому, як правило, пов'язується виникнення ризику [3].

Загальновідомо, що ризики утворюються в результаті відхилень дійсних даних від оцінки сьогоdnішнього стану і майбутнього розвитку. Ці відхилення можуть бути як позитивними, так і негативними. У першому випадку йдеться про шанси отримати додаткові прибутки, у другому – про ризик мати збитки.

Згідно із сучасною концепцією, ризик – це не тільки вартісне вираження ймовірності події, яка призводить до витрат або недоотримання доходів порівняно з планом, прогнозом, проектом, програмою, а й можливість відхилення від цілей, заради яких приймалося рішення. Тобто сучасний ризик визначається не стільки збитками, скільки відсутністю сподіваних позитивних результатів. Ризик породжується невизначеністю і конфліктністю, які існують незалежно від того, усвідомлюємо ми їх чи ні, враховують його особи, які приймають рішення, чи ні [4].

Процес управління ризиками передбачає дотримання таких основних принципів [5]:

– принцип участі – полягає в обов'язковому залученні в процес управління ризиками керівників підрозділів, спеціалістів, а також фінансових служб;

– принцип безперервності – полягає у тому, що процес управління ризиками здійснюється поетапно (попереднє оцінювання, моніторинг, контроль) і не повинен перериватися, тому що постійно змінюється стан компанії та її клієнтів і контрагентів, відбуваються цінові зміни на фінансових ринках. У зв'язку із цим має постійно

відбуватися процес оцінювання та моніторингу рівня можливих ризиків, пов'язаних із вищезгаданими й іншими обставинами, і їх впливу на очікувані результати діяльності компанії;

– принцип обмеженості – зумовлений тією обставиною, що оцінювання ризиків проводиться в умовах невизначеності й динамічності фінансових ринків, а також прийняття під час оцінювання ризиків певних допущень, пов'язаних з імовірнісним характером ризику.

В ідеалі для функціонування ризик-менеджменту повинен існувати орган управління ризиками з певними функціональними обов'язками та необхідними матеріальними, фінансовими, трудовими, інформаційними ресурсами.

Специфікою ризик-менеджменту в страховій організації є необхідність управляти, крім власних ризиків ще й ризиками, які приймаються за договорами страхування, тобто страховими ризиками.

Використання ризик-менеджменту в страхуванні включає три основні позиції:

1) виявлення наслідків діяльності страхової компанії у ситуації ризику;

2) вміння реагувати на можливі негативні наслідки діяльності;

3) розроблення і здійснення заходів, за допомогою яких можуть бути нейтралізовані або компенсовані ймовірні негативні наслідки подій та попередження настання ризику [6].

Виходячи з джерел виникнення ризиків, логічним є поділ процесів ризик-менеджменту страхової компанії на два напрями [7]:

1) управління ризиками клієнтів. Тут важливо дотримуватися таких вимог:

– адекватності величини страхового тарифу – відповідальність за вірний розрахунок величини страхового тарифу цілком покладається на актуарне управління і тарифний комітет;

– уважності, об'єктивності, неупередженості під час укладання договорів страхування – такі вимоги повинні висуватися до страхових агентів компанії;

2) виваженість перестраховальної політики компанії.

Головною метою системи управління ризиками є забезпечення успішного функціонування фірми в умовах ризику і невизначеності [8] (рис. 1).

Це означає, що навіть у разі виникнення економічного збитку реалізація заходів для управління ризиком повинна забезпечити фірмі можливість продовження операцій, їхньої стабільності і стійкості відповідних грошових потоків, підтримки прибутковості і росту фір-

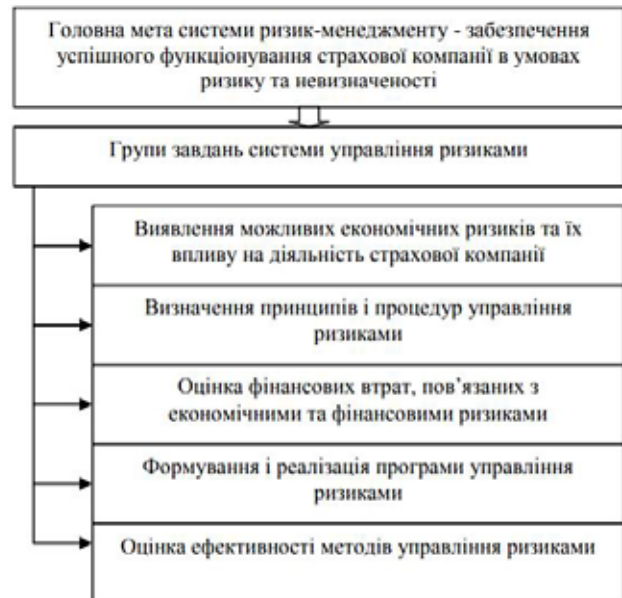


Рис. 1. Головна мета та завдання системи управління ризиками

ми, а також досягнення інших цілей. Але краще уникнути ризиків, спрогнозувавши їх. Для цього можна застосувати нейронні мережі.

Штучна нейронна мережа (ШНМ, англ. – artificial neural network, ANN) – це математична модель, а також її програмна та апаратна реалізація, побудовані за принципом функціонування біологічних нейронних мереж – мереж нервових клітин живого організму. Це поняття виникло під час вивчення процесів, які відбуваються в мозку, та намагання змоделювати ці процеси. Першою такою спробою були нейронні мережі У. Маккалока та У. Піттса [9]. Після розроблення алгоритмів навчання отримували моделі стали використовуватися в практичних цілях: в задачах прогнозування, для розпізнавання образів, у задачах керування тощо.

На основі модуля Python TensorFlow побудована нейронна мережа. Вона складається з вхідного шару, чотирьох прихованих шарів та вихідного шару (рис. 2). Також для підвищення точності в ній присутня L2-регуляризація та dropout. Як функція активації використовується ReLU.

Для оцінки якості мережі були створені тестові дані. Представимо графіки її навчання (рис. 3), результуючі графіки AUROC (рис. 4) і відношення precision-recal (рис. 5) та характеристики accuracy, precision, recal, F1-score, brier score, AUROC.

У найпростішому випадку такою метрикою може бути частка документів, за якими класифікатор прийняв правильне рішення [10].

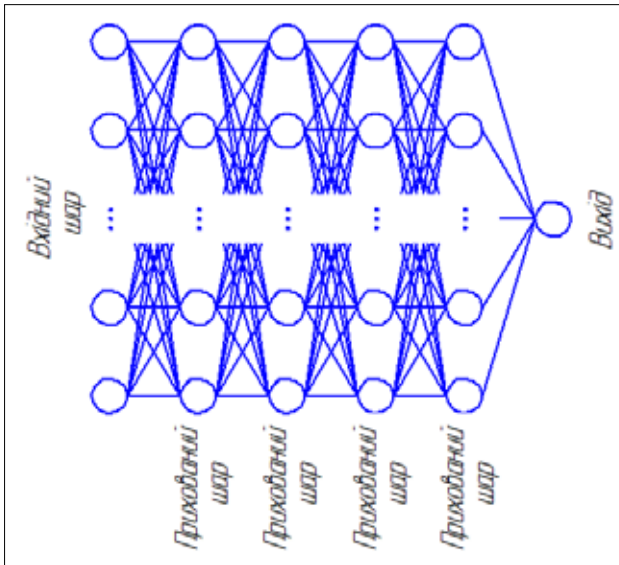


Рис. 2. Структура нейронної мережі

$$Accuracy = \frac{P}{N}, \quad (1)$$

де  $P$  – кількість документів, за якими класифікатор прийняв правильне рішення;

$N$  – розмір навчальної вибірки.

Точність (precision) і повнота (recall) є метриками, які використовуються під час оцінки здебільшого алгоритмів вилучення інформації. Іноді вони використовуються самі по собі, іноді – як базис для похідних метрик, таких як F-міра. Суть точності і повноти дуже проста.

Точність системи в межах класу – це частка документів, що дійсно належать даному класу, щодо всіх документів, які система віднесла до

цього класу. Повнота системи – це частка знайдених класифікатором документів, які належать даному класу, щодо всіх документів цього класу в тестовій вибірці.

Розглянуто їх вхідні характеристики:

- TP – істинно-позитивні рішення;
- TN – істинно-негативні рішення;
- FP – хибно-позитивні рішення;
- FN – хибно-негативні рішення.

Тоді, точність і повнота визначаються так:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

F1-score – гармонійне середнє між точністю і повнотою. Вона прагне до нуля, якщо точність або повнота прагне до нуля.

$$F1 = 2 \frac{precision \times recall}{precision + recall} \quad (4)$$

Характеристики для Train set:

- true positives: 288
- false positives: 68
- true negative: 213
- false negative: 31
- Accuracy: 0.8350
- precision: 0.8090
- recall: 0.9028
- F1-score: 0.8533
- AUROC: 0.9284
- brier score: 0.1625.

Характеристики для Validation set:

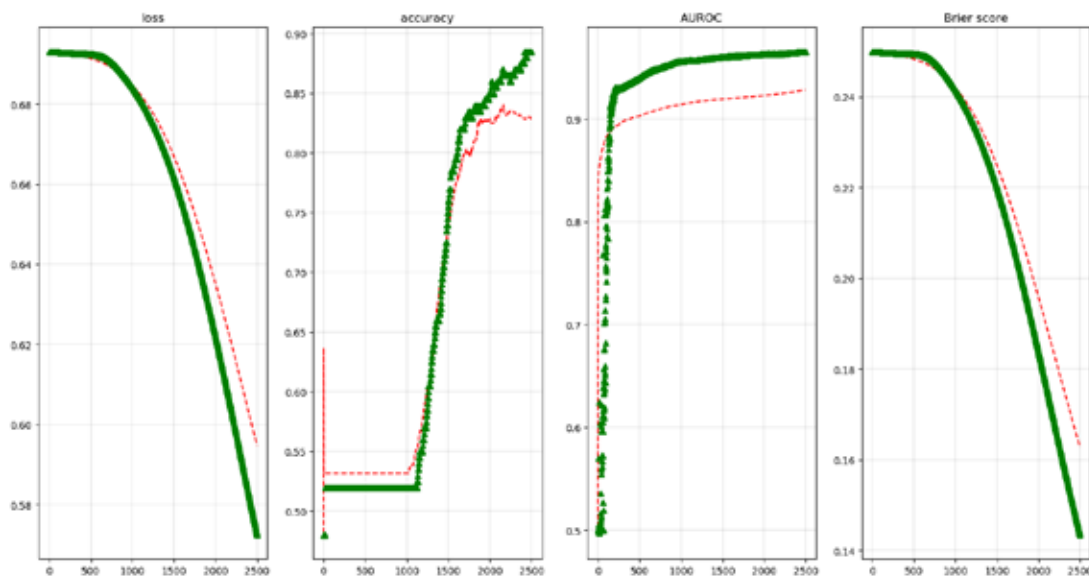


Рис. 3. Графіки навчання нейронної мережі

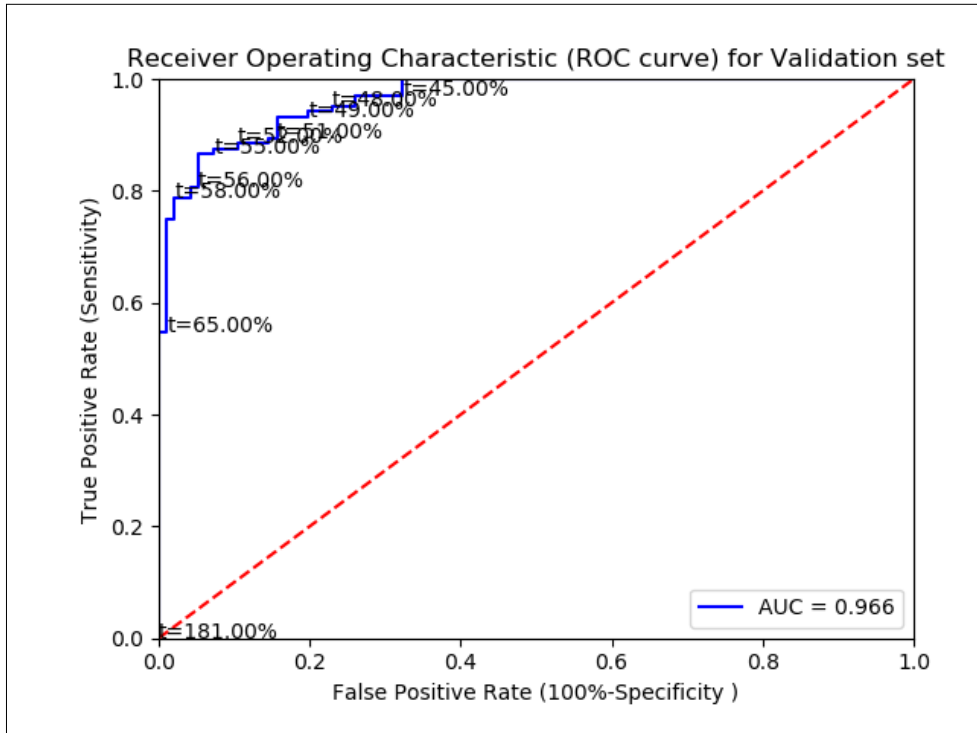


Рис. 4. Результуючий графік AUROC

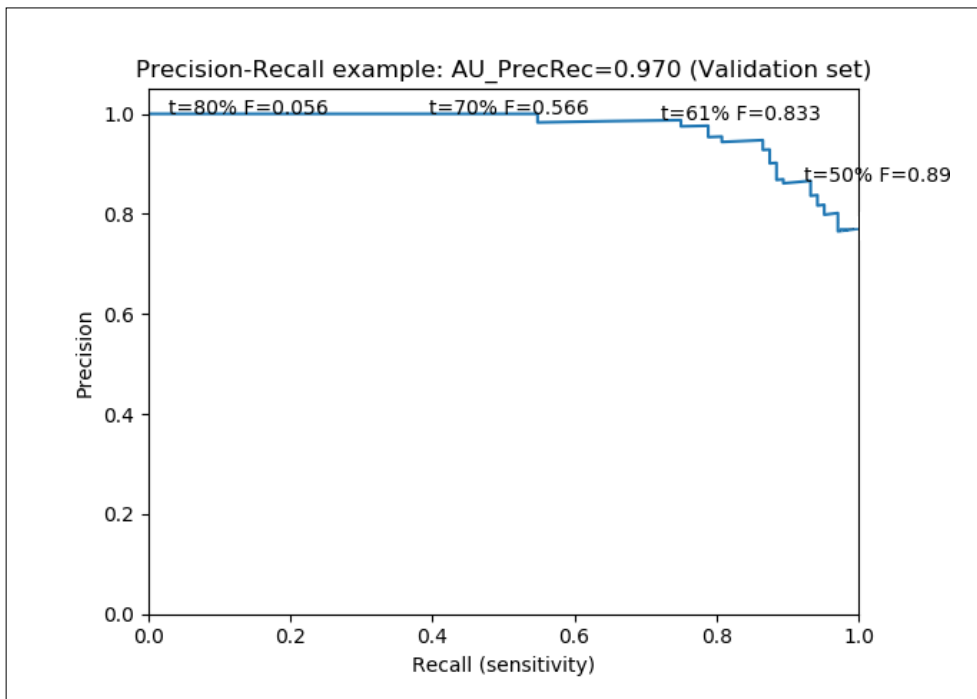


Рис. 5. Результуючий графік відношення precision-recal

- true positives: 96
- false positives: 15
- true negative: 81
- false negative: 8
- Accuracy: 0.8850
- precision: 0.8649
- recall: 0.9231

- F1-score: 0.8930
  - AUROC: 0.9657
  - brier score: 0.1435.
- Характеристики для Test set:
- true positives: 102
  - false positives: 20
  - true negative: 72

- false negative: 6
- Accuracy: 0.8700
- precision: 0.8361
- recall: 0.9444
- F1-score: 0.8870
- AUROC: 0.9559
- brier score: 0.1509.

**Висновки** з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. За результатами дослідження теоретичні і методологічні положення роботи доведено до рівня конкретних методик і рекомендацій щодо розроблення нових типів моделей управління ризиками страхових компаній. На їх основі реалізовано програмний продукт на основі нейронних мереж для аналізу даних клієнтів. Метод спроектований для прогнозування вірогідності страхових випадків, що дасть можливість відмовитися від занадто ризикованих операцій. Для вибору параметрів нейронної мережі, що використана в роботі, проведена оцінка точності засобами комп'ютерного моделювання. На основі отриманих характеристик можна констатувати, що дана конфігурація нейронної мережі є оптимальною, оскільки характеристика AUROC більше 90% на всіх групах даних. Таким чином, можна зробити висновок, що отримані результати можуть бути використані в практичній діяльності страхових організацій.

#### Бібліографічний список:

1. Орланюк-Малицкая Л.А. Страхование; под ред. Л.А. Орланюк-Малицкой, С.Ю. Яновой. М.: Юрайт, 2011. 828 с.
2. Аберніхіна І.Г., Сокиринська І.Г. Комплексний підхід до виокремлення і систематизації ризиків діяльності страхових організацій. Економічний простір. 2016. № 109. С. 121–135.
3. Фінансовий менеджмент у банку: навч. посіб. / за ред. І.Г. Сокиринської, Т.О. Журавльової. Дніпро: Пороги, 2016. 192 с.
4. Страхування: навч. посіб. / Т.А. Говорушко, В.М. Стецюк; за ред. Т.А. Говорушко. Львів: Магнолія 2006, 2014. 328 с.
5. Демчук Н.І. Загальний підхід до концепції управління банківськими ризиками. Глобальні та національні проблеми економіки. 2014. № 2. С. 1049–1052.
6. Шірінян Л.В. Страхувальний менеджмент: конспект лекцій для студентів спеціальності 7.03050801, 8.03050801 «Фінанси і кредит» денної та заочної форм навчання. К.: НУХТ, 2014. 143 с.
7. Бондаренко П.В. Деякі підходи до класифікації ризиків страховика. Науковий вісник Одеського державного економічного університету. 2011. № 12(137). С. 80–90.
8. Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків: навч. посіб. / М.Д. Балджи, В.А. Карпов, А.І. Ковальов та ін. Одеса: ONEU, 2013. 670 с.
9. Горбань А.Н. Кто ми, куди ми йдемо і як наш шлях виміряти. Обчислювальні технології. 2000. № 4. С. 10–14.
10. Баженов Д. Оцінка класифікатора (точність, повнота, F-міра). URL: <http://bazhenov.me/blog/2012/07/21/classification-performance-evaluation.html>.

#### References:

1. Orlyanyuk-Malitskaya, L.A. and Yanova, S.Yu. (2011), *Strakhuvannia [Insurance]*, Izdatel'stvo Jurajt, Moscow, Russian.
2. Abernichina, I.G. and Sokirinska, I.G. (2016), "Integrated approach to the selection and systematization of the risks of the activities of insurance organizations", *Ekonomichnyj prostir : Zbirnyk naukovykh pracj*, vol. 109, pp. 121-135.
3. Sokyrynska, I.H. and Zhuravlova, T.O. (2014), *Finansovyi menedzhment u banku : Navchalnyi posibnyk [Management at the Bank: Training Manual]*, Porohy, Dnipropetrovsk, Ukraine.
4. Govorushko, T.A. and Stecius, V.M. (2014), *Strakhuvannia : Navchalnyi posibnyk [Insurance : Training Manual]*, Magnolia 2006, Lviv, Ukraine.
5. Demchuk, N.I. (2014), "General approach to the concept of management of bank risks", *Ghlobaljni na nacionaljni problemy ekonomiky : Elektronne naukove fakhove vydannja*, vol. 2, pp. 1049-1052.
6. Shirinian, L.V. (2014), *Strakhovyi menedzhment : konspekt lektzii dlia studentiv spetsialnosti 7.03050801, 8.03050801 «Finansy i kredyt» dennoi ta zaochnoi form navchannia [Insurance Management : a summary of lectures for students of the specialty 7.03050801, 8.03050801 "Finance and Credit" of full-time and part-time study]*, NUKHT, Kyiv, Ukraine.
7. Bondarenko, P.V. (2011), "Some approaches to the classification of risks of the insurer", *Naukovyj visnyk Odesjkogho derzhavnogho ekonomichnogho universytetu*, vol. 12 (137), pp. 80-90.
8. Baldja, M.D., Karpov, V.A., Kovalev, A.I., Kostusev, O.O., Kotova, I.M. and Smendina, N.V. (2013), *Obgruntuvannia hospodarskykh rishen ta otsinka ryzykiv : Navchalnyi posibnyk [Rationale for business decisions and risk assessment : Training Manual]*, ONEU, Odessa, Ukraine.
9. Gorban, A.N. (2000), "Who are we, where we go, and how our way to measure", *Obchysljuvaljni tekhnologhiji*, vol. 4, pp. 10-14.
10. Bazhenov, D. (2018), "Grading of the classifier (accuracy, completeness, F-dimension)", available at: <http://bazhenov.me/blog/2012/07/21/classification-performance-evaluation.html> (Accessed 21 July 2012).

***Kartolapov D.M.***

Master of Science in Economics, Business Analysis  
and Entrepreneurship  
Department of Economics, Entrepreneurship  
and Economic Security,  
Kherson National Technical University

***Oliinyk N.M.***

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Senior Lecturer at Department of Economics,  
Entrepreneurship and Economic Security,  
Kherson National Technical University

## **FORECASTING INSURED EVENT BY NEURAL NETWORKS**

The article is devoted to research and development of new types of risk management models of insurance companies. As a basis for them, artificial neural networks will be used. This approach will enable you to predict insurance cases with sufficient accuracy, so cases with too high risk will be denied. According to the results of the study, the theoretical and methodological provisions of the work implemented a software product for customer data analysis. The obtained results can be used in the practical activity of insurance organizations.

The aim of the study is to find a better method for forecasting the probability of insured events, which will give an opportunity to abandon too risky operations.

The risk has become an objective precondition for the emergence of an insurance business. The activities of insurance companies are largely linked and depend on risks. Insurance organizations, like other business entities, operate in a risk environment. But, unlike other business entities, they have a double load in terms of risk exposure. Since, in addition to the risks that affect the activities of any entity, insurance companies accumulate additional risks of other entities due to their specificity

In insurance, the actual cost of service is always an accidental value. Therefore, when calculating insurance premiums, it is necessary to quantify the random phenomena. This requires the use of special approaches, based on the provisions of the theory of probabilities and its individual applications, such as the theory of risk. Historically, the development of these branches of mathematics and insurance was largely interconnected.

Probability Theory allows analytically describing the laws of the functioning of the insurance fund. However, the necessity for such an approach objectively exists in nature, the probabilities of insurance cases and the parameters of the distribution of the magnitude of losses are unknown. They can be judged only on the basis of systematic observations – statistical data, but with the help of artificial neural networks, they can be determined with sufficiently high accuracy.