

## КЛАСИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ У СТРАХУВАННІ І БАЙЄСІВСЬКИЙ ПІДХІД ДО ЇХ АНАЛІЗУ

УДК 004.9:519.226

### **БОЯРОВА Ксенія Ігорівна**

аспірантка кафедри математичних методів системного аналізу ННК «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ».

**Наукові інтереси:** системний аналіз, інформаційні технології.

**e-mail:** ksenia.boiarova@gmail.com

### **ЛОЗОВА Олена Борисівна**

магістрант кафедри математичних методів системного аналізу ННК «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ».

**Наукові інтереси:** системний аналіз, інформаційні технології.

**e-mail:** Lozova0@hotmail.com

### **БІДЮК Петро Іванович**

д.т.н., професор кафедри математичних методів системного аналізу ННК «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ».

**Наукові інтереси:** системний аналіз, інформаційні технології.

**e-mail:** pbidyuke@gmail.com

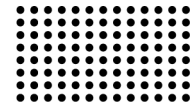
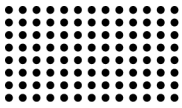
### **ВСТУП Й ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Термін «ризик» походить від грецьких слів *ridsikon*, *ridsa*, що означає «скеля». Окремі дослідники вважають, що слово «ризик» прийшло в європейські мови з іспанської або португальської. Аналіз ризиків має місце сьогодні практично в усіх галузях діяльності людини, включаючи технічні системи, економіку і фінанси, екологію, кліматологію, біологічні системи і т. ін. Перехід до ринкової економіки, економічні перетворення в Україні створили середовище, у якому виник інтерес до аналізу ризиків, а теоретичне обґрунтування цього поняття, розкриття природи його виникнення, класифікація та розробка системи заходів попередження або мінімізації його негативних наслідків не тільки дістали свій подальший розвиток, але й стали важливим інструментом ринкової економіки [1].

Страховання є однією із сфер сучасного бізнесу, що найбільш динамічно розвивається і вбудоване в систему ринкових економічних відносин. Обсяги операцій на ринку страхових послуг продовжують швидко зростати.

Все це свідчить про переосмислення ролі і місця страхування в обслуговуванні праці і капіталу та у процесі управління ризиком. Ризик є передумовою виникнення страхових відносин, без нього не існує страхування, оскільки без ризику немає страхового інтересу [2]. Ризик визначає межі страхового захисту. За своїм змістом ризик є подією з негативними, особливо невідомими наслідками, які можуть виникнути у майбутньому в будь-який момент та у невідомих масштабах. Власне фактор ризику і необхідність покриття можливої шкоди в результаті його прояву викликають потребу у страхуванні. Через страхування будь-яка людська діяльність стає захищеною від негативних випадкових впливів [1].

Ризик характеризують ймовірністю його реалізації та рівнем можливих втрат. Для математичного опису ризиків застосовують самі різноманітні математичні моделі, серед яких диференціальні та інтегрально-диференціальні і алгебраїчні рівняння, дискретні рівняння у формі авторегресії з інтегрованим ковзним середнім, скалярні та багатовимірні розподіли



ймовірностей, ймовірнісні моделі у формі спрямованих ациклічних графів (байєсівські мережі), які відображають існуючі причинно-наслідкові зв'язки між змінними досліджуваних процесів, а також інші моделі інтелектуального аналізу даних.

Сьогодні байєсівські мережі довіри (БМД) – один із провідних сучасних формалізмів, які використовуються для побудови механізмів інтелектуального аналізу даних. У зв'язку з тим, що активне дослідження і використання БМД почалося порівняно недавно (біля тридцяти років тому), у цьому напрямі існують широкі можливості для розробки нових ідей, зокрема нових типів вершин для представлення знань та алгоритмів для розрахунку розповсюдження ймовірностей по мережі[3].

Модель у формі байєсівської мережі значно розширює можливості аналізу даних та прийняття рішень, оскільки дає можливість формувати прямий і зворотний логічний висновок для вибраних змінних. Залучення байєсівського підходу до аналізу інформації дає можливість отримати найбільш інформативний загальний показник оцінки ризиків на основі поточних даних та нової інформації, отриманої в ході спостереження, що дуже важливо для аналізу саме страхових ризиків. Подібні проблеми висвітлюються у працях вітчизняних та зарубіжних дослідників в області управління операційним ризиком – П.В. Буркова, А.А. Лобанова, Б.В. Сазікіна, С. Alexander, M. Cruz, E. Davis, D. Hoffman, J. King, та ін.; в області байєсівського моделювання – В.І. Городецького, С.І. Миколенка, А.В. Сироткіна, С. Cowell, A. Dempster, F. Jensen, D. Heckerman, R. Howard, S. Lauritzen, J. Pearl та ін.; в напрямі застосування байєсівських технологій в операційному ризик-менеджменті – С. Alexander, N. Fenton, C. Marshall, P.V. Shevchenko, M. Taylor та інші. Методологічні основи аналізу операційних ризиків також висвітлені в галузевих стандартах і рекомендаціях, розроблених Базельським комітетом з банківського нагляду, міжнародною Федерацією асоціацій управління ризиком и страхуванням, Федерацією європейських асоціацій ризик-менеджерів [3].

**Метою даної статті** є огляд та аналіз особливостей страхових ризиків, дослідження існуючих підходів, методів і моделей до опису та оцінювання таких ризиків і встановлення актуальності застосування байєсівського підходу до аналізу та управління страхо-

вими ризиками; наведення прикладів застосування сучасних методів оцінювання ризиків.

### ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Ризик, як складне багатогранне явище, можна охарактеризувати за допомогою різних критеріїв, пов'язаних із походженням, місцем, величиною, особливостями прояву та іншими обставинами виникнення ризиків [1]. Насамперед потрібно врахувати, що страхування розповсюджується тільки на страхові ризики і такі, які можна виміряти у фінансовому відношенні. З огляду на це, ризики поділяють на чисті та спекулятивні.

Такий поділ має важливе практичне значення, оскільки страхове відшкодування стосується лише чистих ризиків, за наявності яких наслідок випадкової події завжди альтернативний – збитки або їх відсутність. Спекулятивні ризики переважно виникають в азартних іграх, лотереях, які не потребують страхового захисту, адже передбачають як втрати, так і прибутки (виграш).

Залежно від джерела небезпеки (походження) ризики класифікують так:

- природні (об'єктивні) – зумовлені проявом стихійних сил природи; природне походження ризиків характеризується цілковитою незалежністю причин їх виникнення від суб'єкта (випадкова подія, стихійне явище);
- антропогенні (суб'єктивні) – виникають як наслідок діяльності людей; вони є похідними від економічних, технологічних та організаційних змін, що являють собою необхідну умову розвитку суспільства.

З огляду на ризикогенні об'єкти ризики поділяють на:

- майнові, що виявляються на майнових об'єктах та у майнових інтересах власників певних видів майна;
- особисті, які притаманні людям; це ризики фізичного, фізіологічного та соціального походження.

За обсягом відповідальності страховика ризики поділяють на:

- індивідуальні, які характерні для окремих особливих предметів, таких як антикваріат, твори мистецтва тощо;

– універсальні, що входять до обсягу відповідальності страховика за більшістю договорів страхування.

За кількісними параметрами (величиною збитку) ризики можуть утворювати певний ряд і поділятися на: катастрофічні, великі, середні, малі, незначні, а також звичайні ризики. Поділ ризиків за їх величиною має важливе практичне значення з точки зору єдиної методології обслуговування ризиків різних категорій [1]. Особливістю катастрофічних ризиків є великий масштаб негативних наслідків, неможливість їх передбачення та розрахунку. Причинами катастрофічних ризиків можуть бути як прояви природних катаклізмів (землетруси, циклони, виверження вулканів, повені та інші стихійні лиха), так і різні види людської діяльності (політичної, економічної, винахідницької та ін.). Великі ризики менш відчутні економічно, але виявляються з більшою закономірністю, піддаються точнішому передбаченню та розрахунку. З метою уніфікації підходу до страхового обслуговування великих та катастрофічних ризиків усі ризики умовно поділено на дві основні категорії: великі та масові. Масові – це ті ризики, які немає підстави відносити до великих. До великих ризиків належать ті ризики, які виникають у найбільш ризикогенних галузях господарської діяльності, а саме – транспортні та повітряні ризики, ризики кредиту та застави, майнові ризики, що виявляються на великих підприємствах.

У загальному розмежуванні ризиків (за сферами виникнення) розрізняють їх такі групи: політичні, екологічні, транспортні й технічні.

Політичні ризики пов'язані з непередбачуваними діями, заходами чи акціями законодавчих або виконавчих органів влади, іноземних держав щодо конкретної суверенної держави, підприємств або приватних осіб цієї держави.

Екологічні ризики пов'язані із забрудненням довкілля і зумовлені діяльністю людини у виробництві.

Транспортні ризики поділяють на ризики каско (страхування різноманітних транспортних засобів) і карго (страхування вантажів, що перевозяться різними видами транспортних засобів).

Технічні ризики проявляються як аварії внаслідок раптового виходу з ладу машин, обладнання, перебою у виробничій технології. Вони мають універсальний характер, можуть нанести збитки майну, життю, здоров'ю людей та майновим інтересам юридичних осіб. Технічні ризики можуть проявлятися як промислові ризики, будівельно-монтажні тощо.

В окрему групу об'єднують ризики, які рідко трапляються і мають, як правило, високу вартість. Вони отримали назву спеціальні (унікальні) ризики, наприклад, ризики, які супроводжують перевезення особливо цінних вантажів, грошей, творів мистецтва тощо. В окремих випадках виділяють групові ризики, які страхуються одночасно. Узагальнюючи погляди вчених та практиків, можна запропонувати класифікацію ризиків з позиції страхування, наведену на рис. 1 [2].

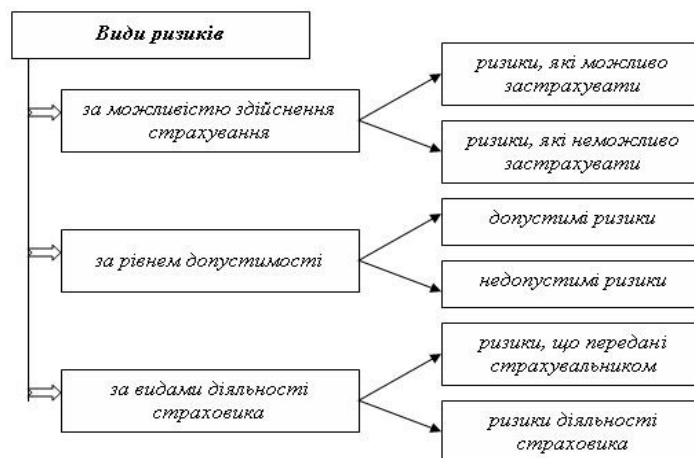
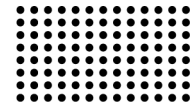
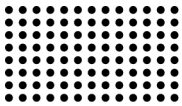


Рисунок 1 – Класифікація ризиків у страхуванні



Найбільш поширену групу складають ризики, які можливо застрахувати. Страховий ризик – це такий ризик, який піддається вимірюванню, оцінюванню з позиції ймовірності настання страхової події та кількісних характеристик можливого збитку. Основні критерії страхового ризику такі:

- ризик повинен бути можливим;
- ризик повинен мати випадковий характер;
- випадковість ризику повинна співвідноситись з певною сукупністю споріднених об'єктів;
- настання страхового випадку, як реалізація ризику, не повинно пов'язуватись із волевиявленням страхувальника чи зацікавленої особи;
- факт настання страхового випадку невідомий у часі та просторі;
- страхова подія не повинна мати обсяги катастрофічного лиха;
- наслідки реалізації ризику повинні об'єктивно вимірюватись і оцінюватись.

Крім того, страхові ризики класифікують за різними ознаками, насамперед:

- за джерелом небезпеки (ризики прояву стихійних сил та цілеспрямованої дії людини);
- за обсягом відповідальності страховика (індивідуальні ризики та універсальні);
- специфічні ризики (аномальні ризики та катастрофічні – ендемічні, якості землі, політичні, воєнні, а також екологічні, транспортні, спеціальні тощо);
- об'єктивні ризики (ризики, що пов'язані з неконтрольованими факторами);
- суб'єктивні ризики (ризики, що заперечують або ігнорують об'єктивну реальність) тощо.

Кожна з цих груп ризиків має свій відповідний поділ на види чи підвиди. У фінансово-економічній діяльності ризики поділяються за галузями економіки, за сферами та видами діяльності тощо. Наприклад, фінансовий, банківський, кредитний, валютний, процентний, іпотечний, комерційний, підприємницький, моральний (виникає після укладання договору страхування) ризик тощо.

З метою оцінювання і аналізу виділяють також ризики діяльності страхової компанії. А саме:

- ризики, що передаються страхувальником страховій компанії за договором страхування;
- ризики, що пов'язані з діяльністю самого страховика (страхової компанії).

Така класифікація необхідна для формування спеціальних резервів та фондів страхової компанії для покриття ризиків. Загально визначаються та найбільш відомі у світовій практиці європейська та американська класифікації.

*Європейська класифікація* вважається найбільш вичерпною, вона враховує специфіку більшості ризиків, обумовлених діяльністю страховика. При цьому застосовується економетричний метод аналізу ризиків. Проте недостатнє застосування статистичних методів не дає підстав вважати результати такого оцінювання повністю адекватними, тобто існує недостатність кількісного оцінювання ризиків.

*Американська класифікація* розділяє ризики за етапами роботи страхової компанії, протягом якої вона піддається зазначеним ризикам:

- етап становлення;
- етап повноцінної активної діяльності;
- етап ліквідації страхової компанії.

При цьому для оцінювання та аналізу ризиків використовується, головним чином, вербальний аналіз, коли застосовуються не тільки вірогідні розрахунки до певних ризиків, що мають достатні статистичні спостереження, а розглядаються і ті ризики, що не мають достатньої статистики. Тобто недостатня якісна оцінка ризиків. За європейською і американською класифікаціями ризиків страхової діяльності роль джерела виплати за ризиками страхових операцій виконують власні кошти страхової компанії.

Останнім часом все більш популярною стає *фінська класифікація* ризиків, яка знаходить економічний компроміс між кількісним і якісним аналізом та оцінюванням ризиків. За фінською класифікацією ризики у страхуванні поділяються на основні ризики і додаткові.

Основні ризики покриваються за рахунок спеціально сформованих страхових резервів, а додаткові – за рахунок резерву стабілізації, а не за рахунок власних вільних резервів. Власні вільні кошти

використовуються для доповнення зниження негативного впливу додаткових ризиків.

Страховий ризик визначається як прогнозний збиток об'єкта страхування в результаті настання страхової події [2]. Він має такі специфічні ознаки: це конкретне явище, при настанні якого здійснюються страхові виплати; має вірогідний (ймовірнісний) характер; може бути вимірним та оціненим; має конкретну форму прояву, пов'язану з певним об'єктом; є невід'ємним елементом страхових відносин. Наявність ризику передбачає здійснення антиризикової діяльності, формами якої є компенсація, репресія та превенція. Антиризикова діяльність реалізується у страховому захисті за допомогою створення та використання страхових фондів.

*Методи оцінювання ризику.* Теорія і практика оперують різними методами оцінювання ризику, розмаїття яких зумовлене безліччю ризиків і ризикових ситуацій. Аналіз існуючих методів оцінювання ризику дає можливість виділити такі групи:

1. *Математичні та статистичні методи.* Зазвичай вони застосовуються для оцінювання ризиків частих і однорідних подій, оцінювання кількісного розміру ризику; до цих методів відносяться такі:

- теорія ігор;
- теорія статистичних рішень;
- теорія диференціального числення.

2. *Теоретичний опис систем (процесів) і побудова причинно-наслідкових зв'язків.* Це найбільш ефективний підхід до оцінювання ризиків рідкісних або унікальних подій, націлений на оцінювання якісних і кількісних характеристик ризику; до нього відносяться такі:

- морфологічний підхід;
- метод побудови дерев.

3. *Експертні методи.* Експертні методи застосовуються при оцінюванні індивідуальних, специфічних ризиків, відкритті нових ринків, тобто у всіх галузях економіки за відсутності аналогів, високий ризик; оцінюють кількісні та якісні сторони ризику.

4. *Інші методи:* порівняльний, заснований на порівнянні окремих ризикових груп: метод індивідуальних оцінок, метод середніх величин, метод відсотків; імітаційне моделювання.

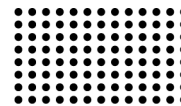
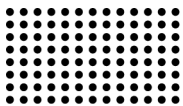
Правильне оцінювання розміру ризику має велике значення у практичній роботі страховиків, тому що воно визначає величину необхідного страхового фонду, а значить і можливості відшкодування збитків, застрахованих як в звичайні, так і особливо несприятливі роки. Дослідження рівня ризику по конкретному об'єкту, що пропонується для страхування, дає змогу виявити, наскільки рівень ризику по конкретному об'єкту відрізняється від рівня ризику, який враховується при розрахунку страхових тарифів.

*Управління страховими ризиками.* Протягом багатьох років суспільно-господарська практика виробила множини методів і форм ефективної протидії ризикам та ліквідації їх негативних наслідків. Водночас відчувалася потреба у створенні системного підходу до вибору форм протидії ризикам як детермінанти їх оптимізації. Логічна послідовність у здійсненні ефективніших форм антиризикової діяльності була запропонована багатьма спеціалістами ще на початку ХХ ст. Визначені ними форми обмеження та ліквідації ризиків зводилися до таких дій:

- запобігання появі випадкових подій, які формують ризикові ситуації в суспільному житті;
- подолання (репресія) випадкових подій, появи яких усе ж не вдалося запобігти.
- задоволення потреб, які виникли внаслідок дії ризику (компенсація втрат, збитків).

Наведений троїстий поділ антиризикової діяльності повсюдно визнаний фахівцями за такий, якому властиві ознаки системності та комплексності. Згодом зазначені методи антиризикової боротьби були трансформовані у специфічні функції страхування. Розвиток економічної і страхової науки засвідчив, що антиризикова діяльність має ґрунтуватися на залученні значно ширшого кола інструментів управління. Їх склад та послідовність застосування визначаються багатьма чинниками, які впливають на господарський процес чи стан суспільного буття [4].

Найповніша сукупність послідовних заходів антиризикової діяльності, застосування яких має комплексний, системний характер, у сучасній економічній теорії та практиці визначається терміном англомовного походження – «ризик-менеджмент» (risk management), тобто управління ризиками у його найширшому розумінні. Як система, ризик-менеджмент утворюється



з множини послідовних етапів, які, у свою чергу, складаються з низки різноманітних заходів організаційно-фінансового характеру.

Виділяють такі основні етапи управління ризиком: (1) – аналіз об'єкта ризику; (2) – виявлення ризику; (3) – оцінювання ризику; (4) – вибір методів впливу на ризик; (5) – прийняття рішення; (6) – безпосередній вплив на ризик; (7) – контроль і корегування результатів процесу управління.

Аналіз ризику є комплексним етапом, протягом якого передбачається послідовна кваліфікація та квантифікація ризику, а саме: (1) – діагностика, або ідентифікація, ризиків (кваліфікація); (2) – оцінювання ризиків кількісними методами (квантифікація); (3) – визначення послідовності наступних дій на підставі загальної оцінки ризику в даній конкретній ситуації.

Початковим кроком на етапі аналізу ризику є вивчення ситуації з погляду можливості та причин його появи у суб'єкта господарювання – носія ризику. На появу ризиків впливають різні причини, які умовно можна поділити на зовнішні та внутрішні. Зовнішні причини, як правило, виводяться з умов довкілля, розташування господарського суб'єкта на певній території, стану попереджувальної інфраструктури [4]. Суб'єкт не має значного впливу на зовнішні причини. Внутрішні причини – це стан та вид належного суб'єктові майна, характер технології виробництва чи іншої діяльності, а також стан власних засобів безпеки (передбачення ризиків). Досить важливою внутрішньою причиною є ступінь усвідомлення суб'єктом господарювання чи іншим носієм потенційного ризику остаточних можливих наслідків появи ризику. Суб'єктивне ставлення до ризику може бути двояким: негативним або позитивним. Негативне ставлення до ризику означає його повне або ж часткове ігнорування.

Засобами якісного аналізу мають бути виявлені негативні наслідки ризику в усіх сферах діяльності господарського суб'єкта. Комплексна діагностика ризиків дає змогу простежити не лише їх розвиток та сфери поширення, а й негативні наслідки кумуляції таких ризиків, тобто взаємного їх впливу і нагромадження. З метою виконання цього значного за обсягом завдання слід залучати найрізноманітніші джерела інформації та використовувати найдосконаліші методи

кваліфікаційного аналізу ризиків. Найважливіші з цих методів такі: (1) – аналіз спостережень за виробничою діяльністю; (2) – аналіз свідчень працівників; (3) – документальний аналіз господарської діяльності; (4) – аналіз організації об'єкта дослідження; (5) – аналіз окремих контрольних перевірок.

Слідом за ідентифікацією ризику і визначенням сфери його поширення виникає потреба кількісно оцінити ризик. Здійснюючи операцію стосовно класифікації ризику, необхідно брати до уваги два взаємозв'язані аспекти: (1) – максимальну величину збитку, який може виникнути при даному ризикові; (2) – імовірність настання події, яка може призвести до максимального збитку.

Кількісне оцінювання ризиків здійснюється за допомогою актуарних розрахунків, виконання яких потребує достатньої статистичної та математичної основи. Кількісна оцінка ризиків відображає ступінь їх економічної загрози. Підсумки аналізу якісних та кількісних характеристик ризиків є підставою для визначення стратегії антиризикової діяльності в майбутньому, тобто подальших дій, які зводяться до встановлення контролю над ризиками або фінансування потреб, що виникли внаслідок прояву ризиків.

*Байєсівський підхід до аналізу страхових ризиків.* Стосовно аналізу даних байєсівський підхід має суттєві переваги над багатьма іншими підходами, такими як дерева рішень, нейронні мережі, методи класифікації і кластеризації, регресійний аналіз тощо. Так, байєсівські мережі призначені для встановлення і дослідження причинно-наслідкових зв'язків між змінними (ознаками) об'єкта, байєсівські методи не потребують окремої спеціальної обробки і тестування даних — апріорна інформація щодо них вдало поєднується з добре розвинутими методами аналізу [5].

Байєсівський аналіз, як методика оцінювання ризиків, ґрунтується на використанні теореми Байєса, яка полягає в розрахунку імовірності справедливості гіпотези в умовах, коли на основі спостережень відома лише деяка частина інформації про подію. Байєсівський підхід, як альтернатива класичному статистичному підходу, дає можливість точніше та повніше оцінювати моделі; він дає можливість отримати хороші результати у тих випадках, коли використання класичних статистичних методів дуже обмежене (наприклад, випадки з

короткою вибіркою статистичних даних). Байєсівський підхід відкриває нові, досить широкі можливості застосування методів математичного моделювання, а розроблені обчислювальні алгоритми оцінювання на основі генерування випадкових чисел дають змогу розв'язати поставлені задачі за допомогою сучасних обчислювальних процедур.

Класичний підхід до аналізу даних приділяє головну увагу одержанню ефективних алгоритмів оцінювання та вивчення їх асимптотичних властивостей, які виступають підґрунтям для формування статистичного висновку на основі даних відносно великого об'єму. У випадку коротких вибірок використання результатів асимптотичної теорії представляється недостатньо обґрунтованим. Байєсівський підхід до формування статистичного висновку ґрунтується на інших теоретичних передумовах. Байєсівські методи вирізняються від класичних іншим підходом до інтерпретації дійсних параметрів моделі.

Класичний виходить із того, що дійсні параметри – це не випадкові величини, а апроксимуючі їх оцінки – випадкові, оскільки вони є функціями спостережень, що містять випадкові процеси [5, 6]. Байєсівський підхід відноситься до числа тих, що надають ширше трактування дійсним параметрам моделі. Він виходить із того, що параметри випадкові, тобто випадковість розглядається як іманентна властивість реального фізичного світу, вважаючи, що сам фізичний об'єкт зазнає неперервних випадкових змін. Тому шукають не випадкові оцінки, які досить близько апроксимують яку-небудь статистику випадкового параметра, наприклад, його середнє значення або модуль. При практичному застосуванні вже оціненої моделі різниця практично несуттєва – дослідник працює з моделлю, яка має детерміновані коефіцієнти. Ймовірнісні властивості моделі використовують для визначення похибок прогнозів та аналізу чутливості моделі, обчислення функції втрат і т. ін. [6] Очевидно, що подібні обчислення можна виконувати в обох підходах.

Мережі Байєса (МБ) – це математичний апарат, який дає можливість поєднати досить просте графічне зображення деякого процесу з його імовірнісним характером, проаналізувати можливі варіанти розвитку ситуації, відстежити правильність встановлення причинно-наслідкового зв'язку між окремими подіями і

завдяки цьому підвищити обґрунтованість рішень при аналізі складних проблемних ситуацій [7].

Перевага байєсового методу аналізу полягає у тому, що він дає можливість виконувати таке: (1) – розрахувати імовірність справедливості гіпотези в умовах, коли на основі спостережень відома лише деяка частка інформації про подію, оскільки дуже часто суб'єкти господарювання не мають можливості отримати об'єктивну інформацію про фінансовий стан своїх партнерів страхових компаній; (2) – точніше розрахувати імовірність стійкості страхової компанії, беручи до уваги як вже відому інформацію, так і дані нових спостережень.

Байєсівський підхід можна використовувати для кількісного оцінювання правдоподібності даних. Ядром такого підходу є байєсівський критерій, який називають також критерієм правдоподібності. Теоретичне обґрунтування і інтерпретація байєсівського критерію дозволяють використовувати його як в процесі перевірки гіпотез, так і в процесі прийняття рішень. Основною відмінністю байєсівського підходу від інших статистичних підходів є те, що до того, як будуть отримані дані, особа, яка приймає рішення, розглядає ступінь своєї довіри до можливих моделей і представляє їх у вигляді ймовірностей.

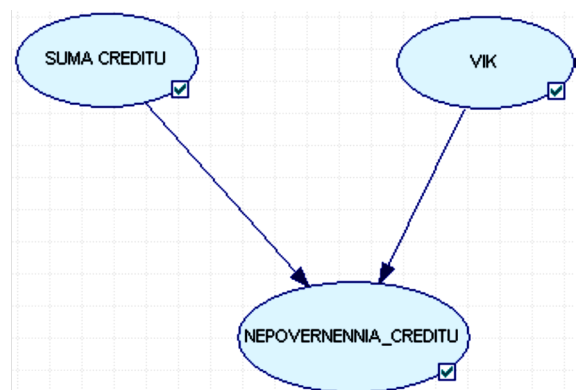


Рисунок 2 – Структура мережі Байєса для аналізу повернення кредитів

Приклад 1. Застосування байєсівського підходу до моделювання фінансових ризиків. Мережі Байєса можуть бути основою для створення досить простих і швидких інформаційних технологій побудови прогностичних економічних оцінок, зокрема при розв'язанні задач кредитування [8]. Прикладом може бути мережа Байєса для розв'язання спрощеної задачі видачі креди-

ту, коли на ймовірність повернення кредиту впливають такі змінні, як сума кредиту та вік позичальника. За вихідні дані для побудови цієї мережі взято статистичні дані банку. Оскільки сума кредиту (SUMA CREDITU) і вік позичальника (VIK) можуть набувати багато різних значень, то вони були розбиті на інтервали [8]; змінна NEPOVERNENNIA\_CREDITU – характеризує ймовірність неповернення кредиту.

Розширенням «наївної» моделі (мережі) Байєса є модель, яка додає взаємозв'язки між вершинами моделі, обмежуючись розглядом тільки таких графів, де у кожній вершині ( $X_1, X_2, X_3, X_4$ ) не може бути більше одного предка ( $Y$ ) за виключенням головного вузла. Модель з такими обмеженнями називають в літературі TAN (Tree Augmented Naïve Bayes) [10]. Приклад графічного зображення моделі TAN подано на рис. 3.

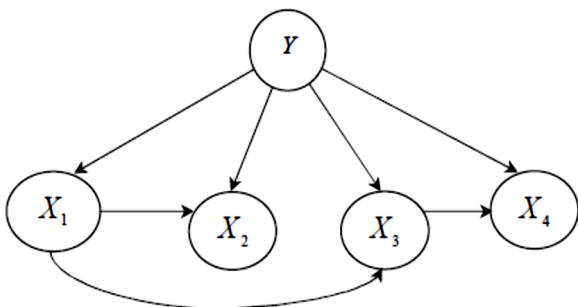


Рисунок 3 – Граф моделі TAN

Модель TAN (модифікована «наївна» байєсівська мережа) – один із варіантів розв'язання задачі оцінювання кредитного ризику. Байєсівські мережі можуть використовуватися для широкого кола проблем з управління ризиками [10]. Цей підхід також може бути використаний для передбачення банкрутства підприємства. Щодо управління пов'язаними кредитними ризиками, то в розпорядженні кредитних інститутів можуть бути такі альтернативи: (1) – надання нового кредиту. Якщо вже існуючий або новий клієнт, який входить у групу пов'язаних клієнтів банку, подає заявку на отримання нового кредиту, ризик цієї операції необхідно точно спрогнозувати і при необхідності попередити. Інша можливість полягає в розрахунку премії за ризик таким чином, щоб та виправдовувала надання кредиту і забезпечувала прийнятне відношення ймовірних збитків та доходів. (2) – якщо кредит вже існує, то в даному випадку кредитний

інститут не має можливості повністю ліквідувати кредитний ризик, найбільш жорсткий варіант активного управління передбачає обмеження ризиків шляхом зниження кредитних лімітів і/або вимагати додаткового забезпечення. Премії також можуть бути приведені у відповідність з підвищеним ризиком.

Ще одним прикладом є гібридні динамічні мережі байєсівського типу для моделювання операційних втрат, з якими стикаються фінансові установи при розподілі капіталу. Ніл, Хейгер та Андерсен (Neil, Häger and Andersen) створили тришарову модель: один шар служить для моделювання подій операційного ризику, інший для оперативного впливу ризиків і третій для агрегації втрат. Модель містить як дискретні, так і неперервні вузли [11].

*Приклад 2. Аналіз фінансової стійкості підприємства.* Модель включає в себе 14 фінансових показників. Вони здебільшого не належать до прямих показників фінансової звітності, оскільки останні часто бувають некоректними або «підправленими». Інформація представляє собою реальні дані за документацією банку, що надає кредити юридичним особам, за 2009 рік. Вибірка містила дані щодо 395 фірм, серед яких переважали представники великого та середнього бізнесу, та включала інформацію за п'ятнадцятьма показниками. Для отримання скінченного набору станів для кожного предиктора необхідно привести дані до дискретного вигляду. Значимо, що для кожного показника пропуск даних (N/A) визначений як окремий стан, оскільки відсутність фінансової інформації також часто може свідчити про реальний стан справ на підприємстві.

1. ANS (Annual sales) – обсяг продажів товарів та послуг, що здійснило дане підприємство за рік.

2. INDEF (In default) – індикатор, що показує, чи перебувало підприємство в стані дефолту в попередньому році.

3. LGD (Loss Given Default) – індикатор, що показує, яку частину капіталу, вкладеного в підприємство, втратить інвестор, у випадку реалізації ризикових обставин або дефолту. Може визначатися згідно директив правління, що базуються безпосередньо на інвестиційній угоді. За іншою методикою, банк може самостійно визначати розмір відшкодування, за погодженням внутрішньої політики та зовнішнього нагляду.



4. BAL (Balance) – баланс, сума, знята з лінії кредитування.

5. LBD (Leverage Buyout Deal) – індикатор, що вказує на те, що угода є леввериджевою, тобто що позиція береться з метою покупки контрольного пакету акцій або виробничих потужностей іншого підприємства.

6. ROA (Return on Assets) – показник, що у процентному відношенні показує, наскільки прибутковими є активи компанії. Визначається як відношення суми чистого прибутку та витрат на відсотки за мінус відсотки податкової економії до суми загальних активів. ROA визначає, яку суму прибутку підприємство може мати за кожну грошову одиницю, яку воно контролює. Цей показник є корисним для порівняння конкуруючих фірм в одній і тій самій галузі господарства. Він буде сильно відрізнятися для підприємств різних галузей, оскільки, приміром, ресурсомісткі виробництва мають нижчу прибутковість капіталу через більшу потребу у початкових інвестиціях. ROA показує, наскільки прибутковою є компанія до укладання будь-якої леввериджевої угоди.

7. DSCR (Debt Service Ratio) – коефіцієнт обслуговування боргу. Це показник кількості грошових засобів, доступних для обслуговування боргу, спричиненого виплатою відсотків, основних відрахувань та оренди. Це поширений критерій оцінки визначення спроможності фізичної чи юридичної особи здійснювати боргові виплати. Чим вищий цей показник, тим простіше отримати будь-яку позику.

8. CIC (Cash Interest Cover Ratio) – коефіцієнт готівкового покриття відсотків. Це міра того, наскільки компанія спроможна виплачувати відсотки за заборгованостями завдяки своїм прибуткам до виплати податків та відсотків (EBIT). Чим нижчий цей показник, тим більший борговий тягар лежить на даній фірмі та тим вища ймовірність банкрутства.

9. DDER (Debt to Debt+Equity Ratio) – борги/(борги+власний капітал). Власний капітал – різниця між активами та зобов'язаннями. З точки зору акціонерів – сума, що залишається після задоволення вимог кредиторів, власників облігацій, а також погашення інших зобов'язань.

10. CFOL (Cash Flow from Operations to Liabilities) – показник, що визначається як відношення зваженого середнього операційного грошового потоку до загальних зобов'язань.

11. EBITDA (Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization Volatility) – волатильність прибутку до виплати відсотків, податків, зниження вартості та амортизації. Показник розраховується на підставі фінансової звітності компанії і використовується для оцінки прибутковості основної діяльності компанії. Показник використовується при проведенні порівняння з галузевими аналогами, дозволяє визначити ефективність діяльності компанії незалежно від її заборгованості перед різними кредиторами і державою, а також від методу нарахування амортизації.

12. NWC (Net worth CPI) – власний капітал відносно індексу ринкових цін. Власний капітал – це величина, на яку активи перевищують зобов'язання. Даний показник вимірює чисту вартість компанії за останній рік з урахуванням інфляції.

13. NPAT (Negative Net Profit After Tax Flag) – індикатор від'ємного чистого прибутку після сплати податків за останній рік.

14. MP (Market Position) – позиція на ринку.

Прогнозована змінна: PD (Probability of default) – ймовірність банкрутства.

В роботі виконано порівняльний аналіз моделей на основі простої та каскадної БМ. Розглянемо принципи побудови обох мереж. Після перевірки змінних на незалежність між собою була перевірена залежність між предикторами, що залишилися, та стовпчиком показників дефолту або його відсутності. Так, були відкинуті показники, що впливають на прогнозовану змінну з коефіцієнтом кореляції більшим, ніж 0,5, або не впливають взагалі. В результаті показники було згруповано за величиною коефіцієнта кореляції та розподілено на дві групи. Перша група об'єднала показники, що корелюють із прогнозованою змінною із коефіцієнтом більшим, ніж 0,1. Оскільки ці показники мають найбільший вплив на ризик банкрутства, їх буде включено до першого рівня мережі Байєса. Наведено коефіцієнти кореляції між PD та усіма предикторами у табл. 1 та 2.

Предиктори, наведені у табл. 3, мають коефіцієнт кореляції з показником банкрутства менший, ніж 0,1. Таким чином, згідно визначеного принципу побудови моделі, вони складають другий рівень мережі Байєса у тому випадку, якщо буде утворюватися каскадна модель.

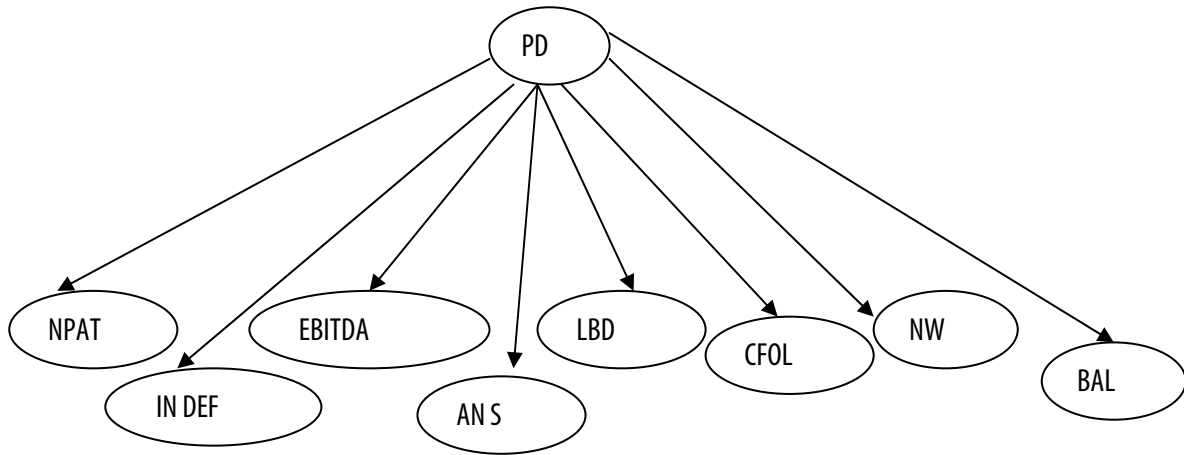


Рисунок 4 – Схема простої БМ для оцінювання стану підприємства

Таблиця 1 –  
Кореляція між PD та предикторами першого рівня

NPAT	0,440220551
IN DEF	0,319509857
EBITDA	0,252328868

AN S	0,147820080
LBD	0,108973829
CFOL	-0,164349051
NWC	-0,396602581
BAL	-0,095535831

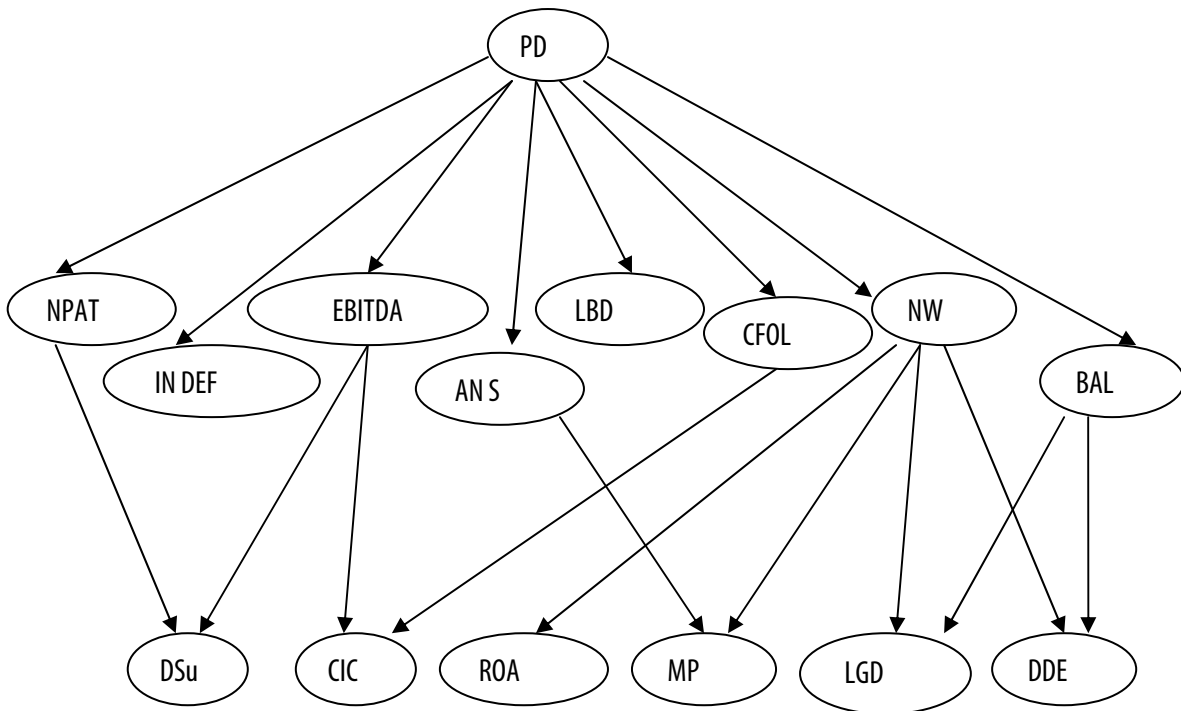


Рисунок 5 – Схема каскадної БМ для оцінювання стану підприємства

Таблиця 2 –  
Кореляція між PD та предикторами  
другого рівня

DDER	0,06566500
LGD	0,06549991
MP	0,03289091
ROA	0,00874046
CIC	-0,02270559
DSCR	-0,02446745

Тепер з'ясуємо розташування вершин у другому рівні каскадної моделі. Вузол другого рівня має надавати інформацію, якої бракує, вузлу першого рівня. Через це дочірніми вершинами для певних вершин першого рівня мають бути такі, чий коефіцієнт кореляції з батьківськими вершинами є найбільшим. Проста мережа включає в себе лише предиктори першого рівня, тобто найбільш значимі. Схема даної мережі наведена на рис. 4. Каскадна мережа включає в себе предиктори першого рівня, а також предиктори другого рівня, що є дочірніми змінними предикторів першого рівня. Схема такої мережі наведена на рис. 5. Як результат такої послідовності дій, отримано дві схеми моделей для оцінювання та прогнозування стану підприємства на основі мереж Байєса: просту та каскадну. В подальшому буде розглянуто послідовність їх реалізації та результати роботи.

#### АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ

З метою одержання більш точних результатів моделювання у випадку моделей на основі простої наївної мережі Байєса в роботі застосовано багатокроковий підхід. Суть такого підходу полягає в тому, що навчальна вибірка даних була випадковим чином розділена на п'ять підмножин по 65 значень. Окремо була виділена тестова вибірка обсягом 25 значень, що включала в себе показники 21 фірми, що не зазнала банкрутства, та 4 фірм – банкрутів. Для кожної з п'яти навчальних підмножин була побудована модель на основі простої наївної мережі Байєса. За допомогою цих п'яти моделей було виконано прогноз імовірності дефолту для кожного підприємства із навчальної вибірки. Після отримання прогнозів за допомогою п'яти моделей, було вираховано середнє значення імовірності дефолту

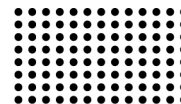
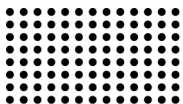
для кожної із 25 фірм, що входять у навчальну вибірку. Цей результат приймається за загальний прогноз, одержаний за допомогою простої наївної БМ. З 21 успішного підприємства було правильно ідентифіковано 100%, так само як і 4 з чотирьох підприємства-банкрутів. З цього можна зробити висновок, що для наведених даних, котрі використовувалися у роботі, така структура БМ є оптимальною, а модель, створена на її основі, дає коректну оцінку стану підприємства.

Загалом, не можна виключати припущення, що у випадку побудови моделі за вибіркою даних з іншими фінансовими показниками, а також при іншому наборі станів дискретизації параметрів каскадна модель може показати кращі результати, ніж однорівнева. У розглянутому в даній роботі випадку, коли використовувалися похідні показники та від трьох до п'яти станів дискретизації залежно від вибірки, кращі результати показала модель, що має простішу структуру.

#### ВИСНОВКИ

Виконано огляд сучасних фінансових ризиків у страхуванні і зроблено їх класифікацію залежно від джерела небезпеки (походження ризикової події), типу об'єкта страхування, сфери виникнення, обсягу відповідальності страховика і за кількісними параметрами, тобто величиною збитку. Такий поділ ризиків має важливе значення для практики, оскільки воно надає можливість об'єктивно встановити величину резерву та необхідність страхового відшкодування.

Встановлено, що існує широке розмаїття методів оцінювання ризиків у страхуванні, зокрема експертні, тарифікаційні, математичні і статистичні методи, а також теоретичні описи ризикових подій, спрямовані на встановлення існуючих причинно-наслідкових зв'язків між основними змінними. З математичних методів широко застосовуються так звані класичні підходи, що ґрунтуються, здебільшого, на регресійному аналізі, оцінюванні розподілів, застосуванні методів математичного аналізу і т. ін. Однак, сьогодні все частіше використовують підхід на основі байєсівських методів аналізу даних (байєсівські мережі та спеціальні види регресії), які охоплюють широкий клас ймовірнісних моделей, нелінійні рівняння та умовні багатовимірні розподіли ймовірностей. Такий підхід надає ряд пере-



ваг, зокрема максимально використовувати наявну статистичну і експертну інформацію в одній моделі, що сприяє підвищенню якості оцінок можливих втрат, формуванню висновків різними способами, порівнювати результати із класичним підходом. Для досягнення високого рівня об'єктивності оцінювання розміру збитків пропонується використовувати різні за своєю суттю методи оцінювання та порівнювати отримані результати з метою вибору найбільш прийняттого для конкретного випадку.

Наведено приклади застосування ймовірнісних моделей у формі байєсівських мереж різної складності до аналізу фінансових ризиків. Результати, отримані, за допомогою байєсівських моделей порівняно із експертними оцінками. При цьому встановлено, що ймовірнісні моделі дають вищу якість оцінок прогнозів можливих втрат.

У подальших дослідженнях планується створення системи підтримки прийняття рішень до оцінювання фінансових ризиків за альтернативними методами, моделями та критеріями.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Vovchak O.D. Strahova sprava [Tekst]: pidruchnik /O.D. Vovchak. – K.: Znannja, 2011. – 391 s.
2. Aleksandrova M.M. Strahuvannja: Navch.-metod, posib. – K.: CUL, 2002. – 208 s.
3. I.M. Parasjuk, S.V. Ershov, O.A. Alekseenko Transformacijnij pidhid tipu «model'-model'» dlja realizacii Bajesivs'kih mehanizmov intelektual'nogo analizu danih //Problemi programuvannja. – 2006. – №2-3. Special'nij vipusk.
4. Dolgosheja N.O. Strahuvannja v zapitannjah ta vidpovidjah: navch. posibnik. – K.: Centr uchbovoi literaturi, 2010.
5. Shevcova Ju.V. Bajesovskie tehnologii v upravlenii operacionnymi riskami [Tekst] /Ju.V. Shevcova //Jelektrosvjaz'. – 2010. – №10. – S.58-61.
6. Goncharov M. Modificirovannyj drevovidnyj algoritm Bajesa dlja reshenija zadach klassifikacii [Jelektronnyj resurs] /M. Goncharov. – Rezhim dostupa : <http://www.BusinessDataAnalytics.ru>
7. Zel'ner A. Bajesovskie metody v jekonometrii. – M.: Statistika, 1980. – 434 s.
8. Bidjuk P.I., Kuznecova N.V. Viktoristannja imovirnisnih mrezh Bajesa pri stvorenni sistem pidtrimki prijnattja rishen' //Zb. nauk. prac'. Mater. S'omoї mizhnar. konf. «Informacijni tehnologii i bezpeka». – K.: NAN Ukraini, 2007. – Vip. 10. – S.157-159.
9. Friedman, N. Bayesian network classifiers [Text] /N. Friedman, D. Geiger, M. Goldszmidt //Machine Learning. –1997. – V.29. – P.131-163.
10. Chernjak O.I., Kucheruk L.V. Viktoristannja Bajesivs'kih mrezh dlja ocinki rivnja koncentracii kreditnogo riziku //Zb. nauk. prac'. «Problemi i perspektivi rozvitku bankivs'koї sistemi Ukraini». – 2007. – Vip. 27. – S.6-21.
11. Sanford A.D., Moosa I.A. A Bayesian network structure for operational risk modelling in structured finance operations //Department of Accounting and Finance Faculty of Business and Economics, Monash University, Australia, 2005. – 15 p.

**Рецензент:** *д.т.н., проф. Соколова Н.А., Херсонський національний технічний університет, Херсон.*