

УДК 336.77:330.131.7

*О.І. Черняк, д-р екон. наук, проф., Л.В. Кучерук, аспірант,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

ВИКОРИСТАННЯ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ КРЕДИТНОГО РИЗИКУ

У статті досліджена проблема концентрації кредитного ризику, яка виникає в результаті взаємозв'язків між партнерами банку. У результаті було виокремлені особи, які можуть формувати пов'язану групу. Використано байєсівську мережу як один з інструментів вирішення даної проблеми. На прикладі показано практичну реалізацію побудованої моделі.

Ключові слова: пов'язані особи, концентрація кредитного ризику, байєсівські мережі, "наївна" байєсівська мережа, модифікована "наївна" байєсівська мережа.

Постановка проблеми. Сучасний стан економічної науки підтверджує доцільність і необхідність розробки нової парадигми управління соціально-економічними об'єктами, яка б враховувала ті колосальні зміни у сучасному світі, що відбулися та відбуваються з наростаючою динамікою, і пов'язані з посиленням взаємозв'язку, взаємозалежності й взаємодії господарюючих суб'єктів [1; 4].

Відносини між пов'язаними сторонами – звичайне явище для бізнесу в усьому світі. Наприклад, компанії часто здійснюють частину своїх комерційних операцій через дочірні, асоційовані або спільні компанії. Материнська компанія може контролювати або здійснювати значний вплив на фінансові і оперативні рішення компанії, яка отримує інвестиції, особливо з точки зору ціноутворення і умов кредитування.

Особлива увага приділяється нагляду за концентрацією банківських ризиків, що виникає в результаті зв'язків неплатоспроможного боржника з іншими компаніями – клієнтами банку [3]. Неспроможність систематично виявляти ці ризики і управляти ними може призвести до додаткових збитків. При цьому мова йде не про первинний кредитний ризик, який доводиться списувати, але й про інші ризики, що реалізуються через певний проміжок часу, коли економічні проблеми компанії автоматично виникають в інших позичальників. Під загрозою опиняється повернення коштів, що надані банком постачальникам, працівникам та іншим особам, що тісно пов'язані з даною компанією [5].

Таким чином, тільки виявлення пов'язаних компаній і узгоджений нагляд за ними дозволять розпізнати ризики платоспроможності контрагента і управляти ними.

Проте вирішення даного питання для українських банків супроводжується рядом проблем:

- *немає даних про взаємну залежність боржників.* Ризики в околі основного боржника не виявляються, не підлягають аналізу і не оцінюються;
- *недостатня внутрішня координація і комунікація.* Інформація про ризики збирається в головному офісі банку, але не доводиться до його філіалів та відділень;
- *недооцінка ризиків.* Ризики пов’язаних компаній недооцінюються і не вживаються заходи для їх попередження.

Задля дотримання основних міжнародних вимог, вимог українського законодавства щодо ведення банківської діяльності банки намагаються сформувати групи пов’язаних осіб, ґрунтуючись на історичному підході та власному досвіді діяльності. Потім, виходячи з тієї позиції, що заборгованість по групі не повинна перевищувати 10 % основного капіталу банку [3], приймають рішення про надання кредиту тому чи іншому учаснику групи. Такого аналізу явно недостатньо, щоб спрогнозувати можливі наслідки надання кредиту клієнту, який пов’язаний з іншим неплатоспроможним боржником.

Насамперед необхідно виявити, які зв’язки можуть формувати групи пов’язаних осіб. Важливо виявити найбільш значних боржників, визначивши їх частку в сукупному кредитному портфелі банку, а також отримати інформацію про їх коопераційні зв’язки з іншими клієнтами банку. Для наглядного представлення пов’язаних кредитних ризиків необхідно створити візуальну модель. Зв’язки виокремленої компанії з іншими позичальниками банку можуть бути представлені як деревовидна структура з позначенням різного ступеня їх залежності від вказаної компанії та ймовірних ризиків.

Кінцевим завданням є виявлення наслідків при реалізації всіх кредитних ризиків, а також визначення методів управління пов’язаними кредитними ризиками.

Метою даного дослідження є створення деревовидної моделі взаємозв’язків, що ґрунтується на підході побудови байєсівських мереж, та оцінка за її допомогою рівня кредитного ризику в певній групі пов’язаних осіб.

1. Виокремлення осіб, які можуть формувати пов’язану групу

В українському законодавстві немає єдиного підходу до визначення поняття пов’язаних осіб. У різних законах, нормативно-правових документах, а також науковій літературі існують два терміни: “пов’язана сторона” та “інсайдери”.

Щодо міжнародних нормативно-правових документів, то розкриття інформації про пов’язаних осіб регулюється міжнародним стандартом бухгалтерського обліку № 24 “Визначення пов’язаних сторін” (IAS 24 Related Party Disclosures).

Проаналізувавши зазначені закони та нормативно-правові акти, ми виокремили такі можливі пов’язані особи/інсайдери для банківської установи:

- акціонери банку;
- спостережна рада банку;
- ревізійна комісія;
- управлінський персонал банку;
- фізична особа – власник суттєвої участі;
- акціонер;
- засновник;
- керівник 1;
- керівник 2;
- пов’язані особи;
- уповноважена особа;
- довірена особа;
- дочірні організації;
- окремі підрозділи;
- заставодатель;
- поручитель кредиту.

2. *Поняття байєсівської мережі*

Байєсівські мережі використовуються для моделювання предметних областей, які характеризуються невизначеністю. Ця невизначеність може бути обумовлена недостатнім розумінням предметної області, неповним знанням про її стан у момент прийняття рішень, випадковим характером механізмів, що визначають поведінку цієї області, або комбінацією цих факторів.

Байєсівські мережі (БМ) – це граф, вершини якого об’єднані спрямованими ребрами, зі співставленою кожній вершині ймовірнісною функцією [7]. Мережа в БМ являє собою орієнтований ациклічний граф, тобто граф, в якому не існує направленої маршрути, що починається і закінчується в одній і тій же вершині. Вершина БМ є змінною моделі, а ребра між вершинами представляють причинно-наслідкові зв’язки між ними.

Якщо вершина не має предків (не існує ребер, спрямованих до неї), то вона матиме таблицю безумовних ймовірностей своїх станів. У випадку дискретної вершини-предка (змінної) така таблиця містить розподіл ймовірностей між всіма можливими станами цієї вершини.

Якщо ж у вершини є предки (одне або декілька ребер спрямованих до неї), така вершина-нащадок містить таблицю умовних ймовірностей, кожна комірка якої містить умовну ймовірність перебування вершини в певному стані у випадку певної конфігурації станів всіх її предків. Таким чином, кількість комірок у таблиці умовних ймовірностей дискретної вершини БМ дорівнює добутку кількості можливих станів цієї вершини на добуток кількості можливих станів всіх її вершин-предків.

Основу байєсівського підходу визначає поняття умовної ймовірності $P(A|B) = x$, яка означає, що за умови виникнення B (і решти, що не має відношення до B), ймовірність виникнення A дорівнює x . Сумісна ймовірність настання A і B визначається формулою повної ймовірності:

$$P(A, B) = P(A|B)P(B) = P(B|A)P(A). \quad (1)$$

Рівняння (1) – фундаментальний принцип визначення ймовірностей і основа для теореми Байєса:

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}. \quad (2)$$

Теорема Байєса застосовується, якщо є інформація про залежні змінні, а суть дослідження полягає у визначенні ймовірності вихідних змінних [6]. Нехай відома умовна ймовірність $P(A|B)$ виникнення деякої події A за умови, що має місце подія B . Тоді теорема Байєса дає вирішення оберненої задачі – яка ймовірність виникнення події B , якщо відбулася подія A .

Нехай A_1, A_2, \dots, A_n – повна група несумісних взаємовиключних подій (або альтернативних гіпотез). Тоді апостеріорна ймовірність $P(A_j|B)$ кожної події $A_j, j = \overline{1, n}$ за умови, що відбулася подія B , виражається апіорною ймовірністю A_j :

$$P(A_j|B) = \frac{P(B|A_j)P(A_j)}{P(B)} = \frac{P(B|A_j)P(A_j)}{\sum_{j=1}^n P(B|A_j)P(A_j)}. \quad (3)$$

Таким чином, байєсівська мережа складається з таких понять та компонент:

- множина випадкових змінних і спрямованих зв'язків між змінними;
- кожна змінна може приймати одне з кінцевої множини взаємовиключних значень;

- змінні разом зі зв’язками утворюють орієнтовний граф без циклів;
- кожній змінній-нащадку A зі змінними-предками B_1, \dots, B_n приписується таблиця умовних ймовірностей $P(A|B_1, \dots, B_n)$ (у випадку дискретних змінних).

Одна із задач, в яких застосовуються байєсівські мережі – задача класифікації. Так званий “наївний” байєсівський класифікатор, що представляє найпростішу байєсівську мережу, є одним з найефективніших класифікаторів [8]. Графічне зображення “найвної” байєсівської мережі подана на рис. 1.

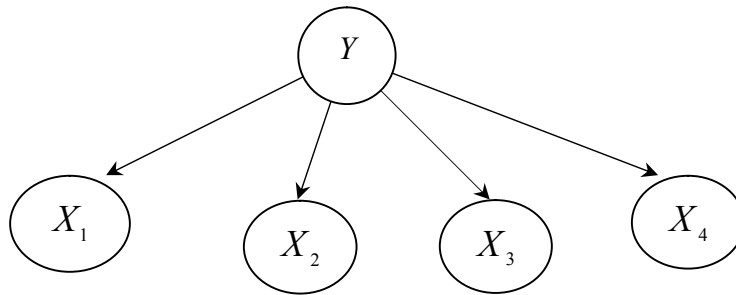


Рис. 1. Граф “найвної” байєсівської мережі

$$\text{У даному випадку } P(X_1, X_2, \dots, X_n, Y) = P(Y) \prod_{i=1}^n P(X_i | Y).$$

Розширенням “найвної” моделі Байєса є модель, яка додає взаємозв’язки між вершинами моделі, обмежуючись розглядом тільки таких графів, де у кожній вершини не може бути більше одного предка за виключенням головного вузла. Модель з такими обмеженнями називається в літературі TAN (Tree Augmented Naïve Bayes) [2; 9]. Приклад графічного зображення моделі TAN поданий на рис. 2.

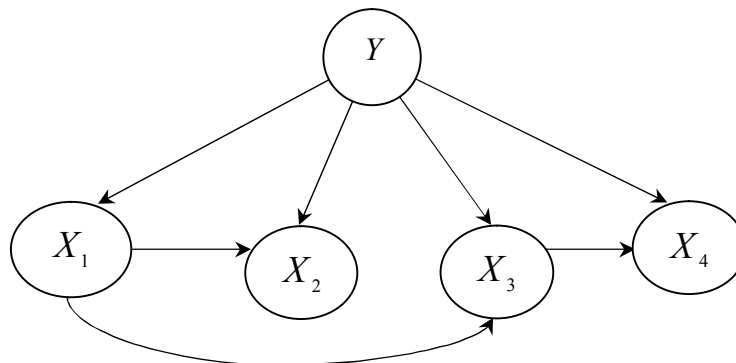


Рис. 2. Граф моделі TAN

Для цього типу структури $P(X_1, X_2, \dots, X_n, Y) = P(Y) \prod_{i=1}^n P(X_i | \Pi_{X_i})$,

де Π_{X_i} – предки змінної X_i .

3. Практична реалізація

3.1. Структура байєсівської мережі. Співставимо поняттю “платоспроможність контрагента” вершину мережі Y . Ця вершина може знаходитися в двох станах: y_1 – “банкрутство”, y_2 – “не банкрутство”. Нехай $X = \{X_i\}$, $i = \overline{1, n}$ – множина факторів, що впливають на платоспроможність певного виокремленого контрагента (клієнта банку). У нашому випадку змінними факторами моделі є різні пов’язані особи. Прийmemo, що всі підлеглі вершини також можуть знаходитися в двох станах: x_{i1} – клієнт / пов’язана особа платоспроможний; x_{i2} – клієнт / пов’язана особа неплатоспроможна. Якщо ми знаємо, наприклад, умовні ймовірності $P(X_i = x_{ij} | Y = y_k)$, $j, k = 1, 2$; $i = \overline{1, n}$, то маємо таблицю умовних ймовірностей для вершин X_i і можемо розрахувати ймовірності $P(Y = y_k | X_i = x_{ij})$, $j, k = 1, 2$; $i = \overline{1, n}$.

Важливим моментом є напрямок причинно-наслідкових зв’язків у мережі. Так, стрілки виходять з вершини Y і входять у вершину X_i . Тут байєсівська мережа виконує зворотний логічний висновок – визначає ймовірність стану вершини Y при відомих станах вершин X_i . Для того, щоб розрахунок ймовірностей міг бути виконаний послідовним застосуванням теореми Байєса, зробимо сильне припущення про умовну незалежність вершин мережі, тобто блокування впливу між цими вершинами. Змінні (множина змінних) X_1 і X_2 є незалежними при відомому стані змінної A , якщо $P(X_1 | A) = P(X_1 | A, X_2)$. Це означає, що якщо стан вершини A відомий, то ніяка інформація про X_1 не змінює ймовірності X_2 .

Щодо отримання чисельних значень для таблиць умовних ймовірностей, слід відмітити, що концептуально для розв’язання цієї задачі застосовуються два підходи [10]:

- отримання інформації від експертів предметної області;
- отримання інформації на основі даних.

Таблиці умовних ймовірностей найчастіше генеруються на основі даних за допомогою статистичних методів. Однак необхідно зазначити, що принципово суб’єктивний байєсівський підхід не вимагає “об’єктивності” ймовірностей, а тому дозволяє при формуванні таблиць умовних ймовірностей спиратися на суб’єктивні оцінки експертів.

Для практичної реалізації моделі було обрано один з українських банків, де процес апробації моделі складався з таких етапів:

1. Створено опитувальну карту, яка в примусовому порядку заповнювалася клієнтами банку – юридичними особами. Тут було виокремлено юридичних осіб з двох причин: по-перше, фізичні особи займають незначну частку серед позичальників банку, по-друге, фізичні особи не зобов’язані надавати інформацію про свої коопераційні зв’язки.

2. Після цього була сформована інформаційна система, яка дозволяла б встановити зв’язок певної (виокремленої) компанії з іншими позичальниками (клієнтами банку), тобто формувати групу пов’язаних осіб. Приклад сформованої таким чином групи показано на рис. 3. На даному рисунку видно, що зв’язки встановлюються на основі ідентифікаційних кодів підприємств та пов’язаних фізичних осіб. При цьому обов’язково вказується роль особи. Довідник розшифровки кодів ролей показано в табл. 1

Таблиця 1

Розшифровка кодів ролей

ROLE	NAME
0	Бізнес-партнер
9	Засновник бізнес-партнера
11	Керівник 1 бізнес-партнера
12	Керівник 2 бізнес-партнера (бухгалтер)
25	Заставадавець
503	Пов’язані особи

Відповідно до схеми коопераційних зв’язків можна сформувати байєсівську мережу, де вершинами будуть відповідні пов’язані юридичні особи, які можуть знаходитися в двох можливих станах: платоспроможний та неплатоспроможний. При цьому ймовірність настання того чи іншого стану буде визначатися з тісноти зв’язку. Наприклад, банк “У” тісно пов’язаний з ТОВ “S4” в тому сенсі, що в них співпадають всі засновники.

Якщо “S2” є значним боржником для банку і формує навколо себе групу пов’язаних осіб, наприклад, на ринку нерухомості “S2” – виробник будівельних матеріалів, “Т2” – будівельна компанія, “Т5” – фірма-продавець нерухомості, неплатоспроможність “S2” може призвести до значного зростання ймовірності банкрутства банку.

3. Звідси байєсівська мережа для цієї групи пов'язаних осіб буде мати такий вигляд (рис. 4) ("Y" – предок для всіх вершин на рівні 3):

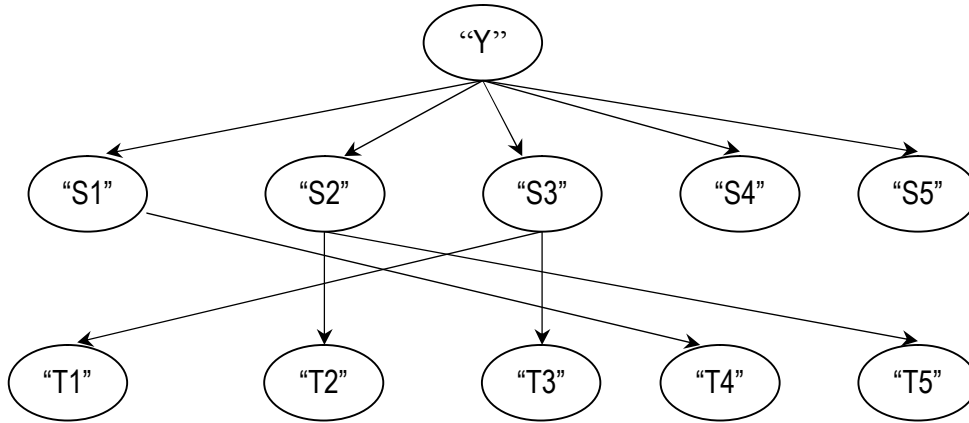


Рис. 4. Байєсівська мережа групи пов'язаних осіб

Експертним шляхом було встановлено таблиці апіорних ймовірностей для кожної юридичної особи (враховуючи тісноту зв'язку між контрагентами) (табл. 2).

Всі змінні приймають булеві значення: 0 – неплатоспроможний (f) або 1 – платоспроможний (t); для змінної Y : 0 – "банкрутство" (f) чи 1 – "не банкрутство" (t).

У табл. 2 показані апіорні ймовірності платоспроможності кожного члена групи залежно від платоспроможності його "предків". Наприклад, $P(S2 = f | Y = t) = 0,3$ означає, що ймовірність неплатоспроможності $S2$ за умови платоспроможності банку становить 0,3. Банк як фінансовий посередник має пряме відношення до платоспроможності фірми з точки зору впливу на фінансові потоки між фірмами однієї групи.

3.2. Оцінка моделі. Оцінимо вплив (залежність) між двома змінними, використовуючи взаємну інформацію [11]:

$$M(X; Y) = \sum_{x, y} P(X = x, Y = y) \log \frac{P(X = x, Y = y)}{P(X = x)P(Y = y)}, \quad (4)$$

де x і y – значення змінних X та Y відповідно і умовна взаємна інформація $M(X; Y) = 0$ тільки тоді, якщо X та Y незалежні.

$$M(X_i; X_j | Y) = \sum_{x_i, x_j, y} P(X_i = x_i, X_j = x_j, Y = y) \log \frac{P(X_i = x_i, X_j = x_j | Y = y)}{P(X_i = x_i | Y = y)P(X_j = x_j | Y = y)},$$

$i < j$.

Таблиця 2

Таблиця апріорних умовних ймовірностей для побудованої байєсівської мережі групи пов'язаних осіб

"Y"	
$P(Y=t)$	$P(Y=f)$
0,5	0,5

ТОВ "S1"

Y	$P(S1=t Y)$	$P(S1=f Y)$
t	0,7	0,3
f	0,2	0,8

ТОВ "S2"

Y	$P(S2=t Y)$	$P(S2=f Y)$
t	0,7	0,3
f	0,2	0,8

ТОВ "S3"

Y	$P(S3=t Y)$	$P(S3=f Y)$
t	0,6	0,4
f	0,3	0,7

ТОВ "S4"

Y	$P(S4=t Y)$	$P(S4=f Y)$
t	0,8	0,2
f	0,1	0,9

ТОВ "S5"

Y	$P(S5=t Y)$	$P(S5=f Y)$
t	0,6	0,4
f	0,3	0,7

ПП "T1"

S3	$P(T1=t S3)$	$P(T1=f S3)$
t	0,6	0,4
f	0,3	0,7

ТОВ "T2"

S2	$P(T2=t S2)$	$P(T2=f S2)$
t	0,6	0,4
f	0,3	0,7

ТОВ "T3"

S3	$P(T3=t S3)$	$P(T3=f S3)$
t	0,55	0,45
f	0,25	0,75

ФОП "T4"

S1	$P(T4=t S1)$	$P(T4=f S1)$
t	0,65	0,35
f	0,3	0,7

ТОВ "T5"

S2	$P(T5=t S2)$	$P(T5=f S2)$
t	0,52	0,48
f	0,45	0,55

ПП "T1"

Y	$P(T1=t Y)$	$P(T1=f Y)$
t	0,5	0,5
f	0,3	0,7

ТОВ "T2"

Y	$P(T2=t Y)$	$P(T2=f Y)$
t	0,5	0,5
f	0,4	0,6

ТОВ "T3"

Y	$P(T3=t Y)$	$P(T3=f Y)$
t	0,5	0,5
f	0,35	0,65

ФОП "T4"

Y	$P(T4=t Y)$	$P(T4=f Y)$
t	0,6	0,4
f	0,5	0,5

ТОВ "T5"

Y	$P(T5=t Y)$	$P(T5=f Y)$
t	0,6	0,4
f	0,3	0,7

Наприклад,

$$\begin{aligned}
 M(S1; Y) &= P(S1 = t, Y = t) \cdot \log \frac{P(S1 = t, Y = t)}{P(S1 = t) \cdot P(Y = t)} + \\
 &+ P(S1 = f, Y = t) \cdot \log \frac{P(S1 = f, Y = t)}{P(S1 = f) \cdot P(Y = t)} + \\
 &+ P(S1 = t, Y = f) \cdot \log \frac{P(S1 = t, Y = f)}{P(S1 = t) \cdot P(Y = f)} + \\
 &+ P(S1 = f, Y = f) \cdot \log \frac{P(S1 = f, Y = f)}{P(S1 = f) \cdot P(Y = f)}.
 \end{aligned}$$

Взаємна інформація для Рівня 1 з Рівнем 2 (див. рис. 3):

$$\begin{aligned}
 M(S1; Y) &= 0,1325; \quad M(S2; Y) = 0,1325; \quad M(S3; Y) = 0,0462; \\
 M(S4; Y) &= 0,2753; \quad M(S5; Y) = 0,0462.
 \end{aligned}$$

Звідси спостерігається сильний зв'язок між “предком” “Y” і товариствами з обмеженою відповідальністю “S1”, “S2”, “S4”.

Умовна взаємна інформація для Рівня 2 з Рівнем 3:

$$\begin{aligned}
 M(T1; S1|Y) &= 0; \quad M(T1; S2|Y) = 0; \quad M(T1; S3|Y) = 0,0515; \quad M(T1; S4|Y) = 0; \quad M(T1; S5|Y) = 0; \\
 M(T2; S1|Y) &= 0; \quad M(T2; S2|Y) = 0,0344; \quad M(T2; S3|Y) = 0; \quad M(T2; S4|Y) = 0; \quad M(T2; S5|Y) = 0; \\
 M(T3; S1|Y) &= 0; \quad M(T3; S2|Y) = 0; \quad M(T3; S3|Y) = 0,0484; \quad M(T3; S4|Y) = 0; \quad M(T3; S5|Y) = 0; \\
 M(T4; S1|Y) &= 0,0670; \quad M(T4; S2|Y) = 0; \quad M(T4; S3|Y) = 0; \quad M(T4; S4|Y) = 0; \quad M(T4; S5|Y) = 0; \\
 M(T5; S1|Y) &= 0; \quad M(T5; S2|Y) = 0,0419; \quad M(T5; S3|Y) = 0; \quad M(T5; S4|Y) = 0; \quad M(T5; S5|Y) = 0.
 \end{aligned}$$

Приймаємо, що середня взаємна інформація – це поріг для фільтрації несуттєвих залежностей. Значення середньої взаємної інформації для всіх можливих зв'язків Рівня 2 з Рівнем 3 становить 0,0097. Таким чином, всі зв'язки Рівня 2 з Рівнем 3 є суттєвими (значущими).

Взаємна інформація для Рівня 1 з Рівнем 3:

$$\begin{aligned}
 M(T1; Y) &= 0,0211; \quad M(T2; Y) = 0,0051; \quad M(T3; Y) = 0,0116; \\
 M(T4; Y) &= 0,0051; \quad M(T5; Y) = 0,0463.
 \end{aligned}$$

Звідси зв'язок між “предком” “Y” та товариствами з обмеженою відповідальністю “T2”, “T3”, “T5”, приватним підприємством “T1”, фізичною особою-підприємцем “T4” не такий сильний як з товариствами з обмеженою відповідальністю на Рівні 2. Але, якщо ми використаємо об'єднану взаємну інформацію [11]

$$M(X_i; X_j, Y) = M(X_i; X_j | Y) + M(X_i; Y), \quad (5)$$

то матимемо:

$$\begin{aligned}
 M(T1; S3, Y) &= 0,0515 + 0,0211 \cdot 0,0726; M(T1; S1, Y) = 0,021, SI = S1, S2, S4, S5; \\
 M(T2; S2, Y) &= 0,0344 + 0,0051 \cdot 0,0395; M(T2; S1, Y) = 0,0051, SI = S1, S3, S4, S5; \\
 M(T3; S3, Y) &= 0,0484 + 0,0116 \cdot 0,060; M(T3; S1, Y) = 0,0116, SI = S1, S2, S4, S5; \\
 M(T4; S1, Y) &= 0,0670 + 0,0051 \cdot 0,0721; M(T4; S1, Y) = 0,0051, SI = S2, S3, S4, S5; \\
 M(T5; S2, Y) &= 0,0419 + 0,0463 = 0,0882; M(T1; S1, Y) = 0,0463, SI = S1, S3, S4, S5.
 \end{aligned}$$

Значення середньої взаємної інформації для всіх можливих зв'язків Рівня 1 з Рівнем 3 становить 0,0276 і всі обрані зв'язки Рівня 1 з Рівнем 3 є суттєвими (значущими).

Також можемо використати значення взаємної інформації 0,008, що є оцінкою, яка застосовується для великих наборів даних [12-13].

Таким чином, побудована модель TAN адекватна групі пов'язаних сторін.

Насамперед знайдемо повні ймовірності для станів кожного контрагента відповідно до структури байєсівської мережі (див. рис. 4):

$$\begin{aligned}
 P(S2 = t) &= \sum_{Y=\{t, f\}} P(Y) \cdot P(S2 = t | Y) = 0,5 \cdot 0,7 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,45, \\
 P(S2 = f) &= 1 - P(S2 = t) = 0,55, \\
 P(T2 = t) &= \sum_{Y=\{t, f\}} P(Y) \cdot P(T2 = t | Y) = 0,5 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,4 = 0,45, \\
 P(T2 = f) &= 1 - P(T2 = t) = 0,55.
 \end{aligned}$$

Якщо стала відома інформація, що ТОВ “S2” – неплатоспроможний, можемо дослідити, як це вплине на банкрутство банку “Y” та платоспроможність “T2”:

$P(T2 = t | S2 = f) = 0,3$, тобто, якщо відомо, що ТОВ “S2” – неплатоспроможний, то ймовірність платоспроможності його нащадка зменшиться.

$$\begin{aligned}
 P(Y = t | S2 = f) &= \frac{P(Y = t, S2 = f)}{P(S2 = f)} = \frac{0,3 \cdot 0,5}{0,55} = 0,27, \\
 P(Y = f | S2 = f) &= 1 - 0,27 = 0,73.
 \end{aligned}$$

Припускаємо, що концентрація кредитного ризику на Рівні 1 – це апостеріорний граничний розподіл банкрутства банку “Y”. У цьому випадку апостеріорний граничний розподіл (0,73) значно зростає порівняно з апріорною ймовірністю (0,5).

Нехай відома інформація про неплатоспроможність компаній ТОВ “S2” та ТОВ “S4”, тоді ймовірність платоспроможності їхнього “предка” “Y” становитиме:

$$P(Y = t | S2 = f, S4 = f) = \frac{P(Y = t, S2 = f, S4 = f)}{P(S2 = f, S4 = f)}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{P(S2=f|Y=t)P(S4=f|Y=t)P(Y=t)}{P(S2=f|Y=t)P(S4=f|Y=t)P(Y=t)+P(S2=f|Y=f)P(S4=f|Y=f)P(Y=f)} = \\
&= \frac{0,3 \cdot 0,2 \cdot 0,5}{(0,3 \cdot 0,2 \cdot 0,5 + 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,5)} = 0,077. \\
P(Y=f|S2=f, S4=f) &= 1 - 0,077 = 0,923.
\end{aligned}$$

Як бачимо, ймовірність небанкрутства для “Y” значно зменшилася при відомій інформації про неплатоспроможність його нащадків ТОВ “S2” та ТОВ “S4”. Апостеріорний граничний розподіл банкрутства банку “Y” (0,923) значно зростає порівняно з апіорною ймовірністю (0,5).

Аналогічно

$$\begin{aligned}
&P(Y=t|T2=f, T5=f) = \frac{P(Y=t, T2=f, T5=f)}{P(T2=f, T5=f)} \\
&= \frac{P(T2=f, T5=f|Y=t)P(Y=t)}{P(T2=f|S2=t)P(T5=f|S2=t)P(S2=t)+P(T2=f|S2=f)P(T5=f|S2=f)P(S2=f)}
\end{aligned}$$

і

$$\begin{aligned}
P(T2=f, T5=f|Y=t) &= P(T2=f|S2=f)P(T5=f|S2=f)P(S2=f|Y=t) + \\
&+ P(T2=f|S2=t)P(T5=f|S2=t)P(S2=t|Y=t) \\
&= 0,7 \cdot 0,55 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,48 \cdot 0,7 = 0,2499;
\end{aligned}$$

тоді

$$\begin{aligned}
P(Y=t|T2=f, T5=f) &= \frac{0,2499 \cdot 0,5}{0,4 \cdot 0,48 \cdot 0,45 + 0,7 \cdot 0,55 \cdot 0,55} = 0,419. \\
P(Y=f|T2=f, T5=f) &= 1 - 0,419 = 0,581.
\end{aligned}$$

Апостеріорний граничний розподіл банкрутства банку “Y” (0,561) незначно зростає порівняно з апіорною ймовірністю (0,5).

Інша річ, якщо вершина має “предком” лише “Y”. Наприклад:

$$\begin{aligned}
&P(Y=t|T2=f, T3=f) = \frac{P(Y=t, T2=f, T3=f)}{P(T2=f, T3=f)} \\
&= \frac{P(T2=f|Y=t)P(T3=f|Y=t)P(Y=t)}{P(T2=f|Y=t)P(T3=f|Y=t)P(Y=t)+P(T2=f|Y=f)P(T3=f|Y=f)P(Y=f)}
\end{aligned}$$

і

$$\begin{aligned}
P(Y=t|T2=f, T3=f) &= \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 0,65 \cdot 0,5} = 0,3906. \\
P(Y=f|T2=f, T3=f) &= 1 - 0,3906 = 0,6094.
\end{aligned}$$

Для розрахунків використали таку формулу:

$$P(Y = y_i | X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n) = \alpha \cdot P(Y = y_i) \prod_{j=1}^n P(X_j = x_j | \Pi_{X_j}),$$

$$\text{де } \alpha = \left(\sum_{k=1}^n P(Y = y_k) \prod_{j=1}^n P(X_j = x_j | \Pi_{X_j}) \right)^{-1}.$$

Для ілюстрації концентрації кредитного ризику на Рівні 2 (наприклад, апостеріорний граничний розподіл неплатоспроможності ТОВ “S2”) розрахуємо таку ймовірність:

$$\begin{aligned} P(S2 = f | T2 = f, T5 = f) &= \frac{P(S2 = f, T2 = f, T5 = f)}{P(T2 = f, T5 = f)} \\ &= \frac{P(T2 = f | S2 = f)P(T5 = f | S2 = f)P(S2 = f)}{P(T2 = f | S2 = f)P(T5 = f | S2 = f) + P(T2 = f | S2 = t)P(T5 = f | S2 = t)P(S2 = t)} = \\ &= \frac{0,7 \cdot 0,55 \cdot 0,55}{0,7 \cdot 0,55 \cdot 0,55 + 0,4 \cdot 0,48 \cdot 0,45} = 0,7233. \\ P(S2 = t | T2 = f, T5 = f) &= 1 - 0,7233 = 0,2767. \end{aligned}$$

Апостеріорний граничний розподіл неплатоспроможності ТОВ “S2” (0,7233) (концентрація кредитного ризику) значно зростає порівняно з апіорною ймовірністю (0,55).

Це означає, що зростання кредитного ризику на Рівні 2 призведе до зростання ризику на Рівні 1, що може розглядатися як ефект концентрації ризику.

При спробі побудувати байєсівську мережу для всього банку ми зіткнулися з проблемою, яка виникає при використанні цього підходу: дуже велика кількість змінних та складні взаємозв'язки між ними, неможливість експертним чином проставляти апіорні ймовірності (наприклад, тільки рівнів залежності для всього банку було встановлено 14). Тому тут необхідне впровадження таких методів обчислень в байєсівських мережах, як наближені методи для обчислення комбінаторних сум, варіаційні методи та метод Монте-Карло.

Висновки. Модель TAN (модифікована “наївна” байєсівська мережа) – один із варіантів вирішення проблеми оцінки кредитного ризику. Байєсівські мережі можуть використовуватися для широкого кола проблем з управління ризиками. 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:

- *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;

- *існуючий кредит*. Оскільки 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.

Список літератури

1. Галіцин, В. К. Інформаційний менеджмент: наука про інформаційні процеси та управління ними, перспективи його розвитку [Текст] / В. К. Галіцин, С. Ф. Лазарева // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – 2006. – Вип. 74. – С. 5–29.
2. Гончаров, М. Модифицированный древовидный алгоритм Байеса для решения задач классификации [Электронный ресурс] / М. Гончаров. – Режим доступа : <http://www.BusinessDataAnalytics.ru>.
3. Інструкція про порядок регулювання діяльності банків в Україні [Електронний ресурс] / постанова Національного банку України від 28.08.2001 № 368. – Режим доступу : <http://rada.gov.ua>.
4. Матвійчук, А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки [Текст] : монографія / А. В. Матвійчук. – К. : КНЕУ, 2007. – 264 с.
5. Портиш, В. Скрытая опасность: систематическое управление связанными кредитными рисками [Текст] / В. Портиш // Бизнес и банки. – 2006. – № 6. – С. 6–8.
6. Терехов, С. А. Введение в байесовы сети [Текст] / С. А. Терехов // Научная сессия МИФИ-2003 ; V Всероссийская научно-техническая конференция “Нейроинформатика-2003” : лекции по нейроинформатике. – М. : МИФИ, 2003. – Часть 1. - С. 149–187.
7. Pearl, J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems [Text] / J. Pearl. – San Francisco: CA: Morgan Kaufmann, 1988.
8. Friedman, N. Building classifiers using Bayesian networks [Text] / N. Friedman, M. Goldszmidt // In Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence '96. – AAAI Press, Menlo Park, CA, USA, 1996. - P. 1277–1284.
9. Friedman, N. Bayesian network classifiers [Text] / N. Friedman, D. Geiger, M. Goldszmidt // Machine Learning. –1997. – V. 29. – P. 131–163.
10. Kaerulff U. Bayesian networks [Text] / U. Kaerulff, F. V. Jensen // Tech. Rep. Department of Computer Science, Aalborg University, Denmark, 1996. - 5 p.
11. Cover, T. M. Elements of Information Theory [Text] / T. M. Cover, J. A. Thomas. – New York: John Wiley & Sons, 1991.
12. Baesens B. Bayesian network classifiers for identifying the slope of the customer lifecycle of long-life customers [Text] / B. Baesens, G. Verstraeten, D. Van der Poel, M. Edmont-Petersen, P. Van Kenhove, J. Vanthienen // European Journal of Operation Research. – 2004. – V. 156. – P. 508–523.
13. Cheng J. Comparing Bayesian network classifiers [Text] / J. Cheng, R. Greiner // In Proceedings of the Fifteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI). – Stockholm, Sweden, 1999. – P. 101–108.

Summary

This research is devoted to a problem of concentration of bank credit risks which arises because of various connections between counterparts. As a result of research the types of persons which can form the related party have been certain, the approach of construction. Bayesian networks, as one of variants of the decision of the put problem is considered. On a numerical example we have shown calculation of probabilities of the certain conditions of counterparts in view of their connections in the general group.

Отримано 25.11.2009

УДК 338.45

*І.О. Школьник, д-р екон. наук, проф.,
ДВНЗ "Українська академія банківської справи НБУ"*

ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ В УКРАЇНІ

У статті автором розглянуто особливості організації системи державних закупівель, проведено аналіз використання коштів на державні закупівлі в Україні. Визначено переваги та недоліки централізованої та децентралізованої системи державних закупівель.

Ключові слова: державні закупівлі, замовник, тендер, централізована система, децентралізована система.

Постановка проблеми. В умовах фінансово-економічної кризи, що розгорнулася в Україні, все більше уваги приділяється ролі державного регулювання економіки. Водночас ця увага, як правило, зосереджена навколо фінансового сектора економіки, але слід підкреслити, що досить серйозну роль держава виконує і в регулюванні реального сектора економіки. Значною мірою це може проявлятися через систему державних закупівель. Даний інструмент державного регулювання наразі був би більш ефективним, якщо б на сьогодні ми мали усталений, відрегульований на законодавчому та технічному рівнях механізм. На жаль, мінлива законодавча база не дозволяє ефективно розвиватись відносинам у даному напрямку. У зв'язку з цим вивчення системи державного замовлення, розгляд її складових елементів є на сучасному етапі досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Даній проблемі у вітчизняній науковій літературі приділяється не досить значна увага. Останнім часом з'явилися ряд публікацій вітчизняних науковців, які досліджують це питання з науково-теоретичної точки зору, зокрема можна назвати праці І. Бураковського, З. Максименко, Н. Ткаченко, Ю. Уманців, О. Овсянюк, О. Міняйло, В. Морозова, В.В. Смиринського,