

## МОНІТОРИНГ ТРАНЗАКЦІЙ У ПЛАТІЖНІЙ СИСТЕМІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

*Розглядається проблема автоматизації виявлення шахрайських транзакцій у платіжній системі та пропонується алгоритм її вирішення на базі математичного апарату теорії нечітких множин, який дозволяє отримати агреговану оцінку ризику транзакції та її лінгвістичну інтерпретацію - належність до класу «непідозрілих», «підозрілих», «дуже підозрілих» транзакцій.*

### Вступ

Випуск платіжних карт (ПК) є важливою тенденцією розвитку технології безготівкових розрахунків, яка активно впроваджується у банківських та платіжних системах (ПС) в Україні. За даними Української міжбанківської асоціації членів платіжних систем ЕМА, зараз уже понад 7 млн громадян України використовують ПК. Станом на початок червня 2008 р. кількість ПК, емітованих банками, становила понад 50 млн шт. (щомісячний приріст ПК дорівнював 300–350 тис.); інфраструктура термінальних мереж зросла до 20 тис. банкоматів, 75 тис. торговельних POS-терміналів та 22 тис. банківських терміналів видачі готівки [1].

Зручність, універсальність та розповсюдженість такого платіжного інструменту, як ПК, робить їх особливо привабливим об'єктом для злочинних та шахрайських посягань. Фінансове шахрайство з використанням ПК здійснюється різними способами і побудоване на несанкціонованому списанні коштів із рахунків клієнтів банку - власників ПК [2; 3]. ПС та банки приділяють велику увагу питанням безпеки, запобіганню ризику шахрайства, розробляють спеціальні заходи та операційні правила, механізми для уникнення та зменшення збитків від незаконних операцій з ПК, удосконалюють спеціалізоване програмне забезпечення для автоматизації методів боротьби з шахрайством та захисту баз даних (БД). Однак проблема ризиків шахрайства залишається надзвичайно актуальною; збитки банків від шахрайства з ПК у світі продовжують становити мільйони доларів США.

Для своєчасного запобігання та ефективного виявлення шахрайства ПС та банки-учасники використовують автоматизовані системи моніторингу транзакцій, які в загальному потоці транзакцій виявляють підозрілі на шахрайство, попереджають про них аналітиків і надають інформацію, необхідну для проведення розслідування та

прийняття подальших рішень (наприклад, блокування операцій з ПК).

Для підвищення точності виявлення підозрілих на шахрайство транзакцій в основу таких систем моніторингу необхідно покласти створені на основі різних принципів різноманітні математичні моделі й алгоритми, що дозволяє компенсувати недоліки одного методу перевагами іншого, забезпечуючи якість вирішення проблеми [4; 5].

У роботі [6] запропоновано архітектуру комплексної системи моніторингу й оцінки ризику транзакцій в ПС, модуль аналізу даних якої передбачає використання декількох різноманітних моделей і алгоритмів аналізу даних транзакцій, зокрема: алгоритм загальної класифікації транзакцій, на основі якого транзакція аналізується покомпонентно, при цьому оцінюється ступінь підозрілості кожного з параметрів транзакції і будується загальна агрегована оцінка ризику транзакції; алгоритм індивідуального аналізу «профайл власника карти», що дозволяє змоделювати типову поведінку власника карти й оцінити відхилення нової транзакції від зафіксованої в БД еталонної моделі [7].

У даній роботі пропонується підхід до виявлення підозрілих на шахрайство транзакцій у ПС та аналізу їх ризику, в основу якого покладено математичний апарат теорії нечітких множин при побудові системи правил аналізу транзакцій [8; 9]. Такий підхід дозволяє швидше, порівняно з нейромережевими алгоритмами, проаналізувати транзакції й оцінити ступінь їх підозрілості; а також дає можливість експерту оперувати більш звичними для нього поняттями, такими як «більш підозріла», «менш підозріла» транзакція і т. п. Ступінь підозрілості кожного з параметрів транзакції оцінюється і класифікується в термінах нечіткої логіки; при аналізі кожної нової транзакції можна отримати загальну агреговану оцінку ризику транзакції і її лінгвістичну інтерпретацію - належність до певного класу дуже

підозрілих, підозрілих та непідозрілих на шахрайство транзакцій.

Теорію нечітких множин часто застосовують для вирішення різноманітних фінансових задач, яким властива невизначеність: оцінка ефективності інвестиційних проектів [10], побудова оптимального портфеля цінних паперів, оцінка ризику банкрутства підприємств [11], аналіз необхідності та обґрунтованості IT-рішень тощо. Застосуємо подібний підхід [8; 9], до аналізу ступеня підозрілості транзакцій у ПС.

### Постановка задачі

Банки-учасники ПС супроводжують БД всіх емітованих ними ПК, які знаходяться в обігу в ПС. По кожній ПК в БД міститься інформація про її номер, номер її картрахунку, встановлені ліміти операцій (дозволені на добу: максимальна кількість операцій з ПК, сума готівки для зняття, сума готівки при купівлі товару), поточний стан картрахунку (баланс рахунку), а також основні відомості про власника ПК.

Позначимо через  $C_n = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_{k_n}\}$  – множини записів по ПК в БД, що використовується в ПС, де  $c_k = (c_1^k, c_2^k, \dots, c_s^k)$  запис у БД з інформацією про карту  $c_k$ .

У процесинговий центр (ПЦ) ПС по каналах зв'язку надходять від банкоматів, POS терміналів та інших пристроїв, де використовуються ПК, транзакції (транзакційні повідомлення). Позначимо  $X_n = \{x^1, \dots, x^i, \dots, x^n\}$  – множини транзакцій, виконаних та накопичених в ПС до деякого моменту часу  $t_n$ , де вектор  $x^i = (x_1^i, x_j^i, \dots, x_m^i)$  – повідомлення про  $i$ -ту транзакцію,  $x_j^i$  – її  $j$ -та компонента. Кожна компонента  $x_j^i$  вектора  $x^i$  містить числові дані (наприклад, сума транзакції), що набувають своїх значень на множині дійсних чисел  $R$ ,  $x_j^i \in R$ , або символічну інформацію  $x_j^i \in T_j = \{\tau_1^j, \dots, \tau_s^j, \dots, \tau_{s_j}^j\}$  (тип операції, код торговця, місто в якому розташований банкомат чи термінал і т. д.).

Задача виявлення шахрайських транзакцій у ПС полягає в тому, щоб при отриманні в ПЦ кожної нової транзакції  $x^{n+1} = (x_1^{n+1}, \dots, x_j^{n+1}, \dots, x_m^{n+1})$  на основі інформації в БД  $C_n$  про ПК,  $X_n$  – раніше виконаних транзакцій і певних знань експертів, класифікувати транзакцію  $x^{n+1}$ , тобто визначити клас, до якого вона належить: законна (legal) або шахрайська (fraud).

Згідно з нечітко-множинною моделлю аналіз транзакції виконується на основі значень певних показників, обчислених на етапі передобробки даної транзакції. Для кожного показника експерт-аналітик встановлює порогові значення показників, що свідчать про той або інший ступінь підозрілості транзакції. У результаті аналізу кожної транзакції  $x^i \in X_n$  виставляється: фродовий бал –

числова оцінка в діапазоні  $[0; 1]$  ступеня підозрілості транзакції; клас підозрілості транзакції («не підозріла», «підозріла», «дуже підозріла»), а також ступінь упевненості експерта в такій класифікації.

Нечіткі описи у структурі моделі з'являються у зв'язку з невпевненістю експерта при класифікації ступеня підозрілості значень тих або інших показників, що використовуються при аналізі транзакцій. Наприклад, експерт не може чітко розмежувати поняття «велика» і «середня» сума транзакції, або коли необхідно провести межу між «непідозрілим» і «підозрілим» рівнем кількості транзакцій, здійснених по ПК за період.

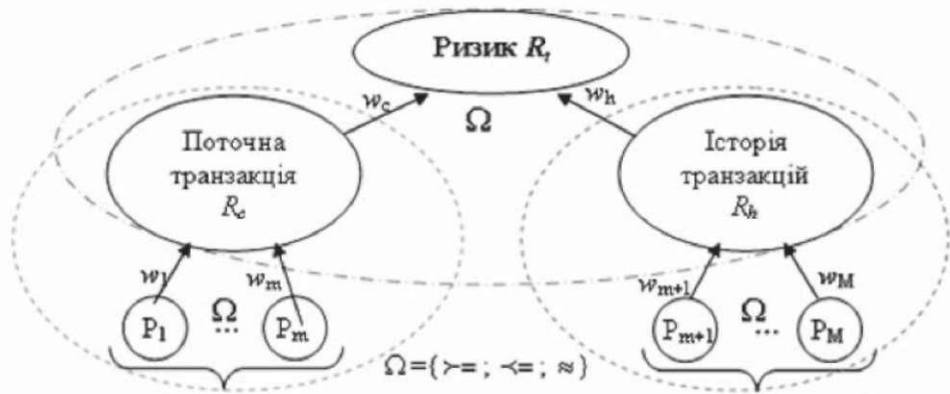
### Вхідні та вихідні дані алгоритму

Будемо виконувати аналіз транзакції  $x^i \in X_n$  на основі набору значень певних показників  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_M$ , що обчислюються для транзакції  $x^i$  на етапі її попередньої обробки, які найкращим чином характеризують різні аспекти транзакції і при цьому вичерпно описують транзакцію в цілому [6]. Прикладами таких показників є значущі параметри поточної транзакції – такі як сума транзакції, дата/час транзакції, тип транзакції, ідентифікатор терміналу, місто і країна терміналу і т. п.; а також вторинні показники, обчислені з урахуванням історії попередніх транзакцій, такі як час (у хвиликах) між останніми транзакціями власника карти, накопичена сума і кількість транзакцій за фіксований період часу і т. п. Принципи обчислення показників  $P_j$  на основі даних транзакції  $x^i \in X_n$  розглянуті у роботах [6; 7].

Зауважимо, що серед показників  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_M$  є символічні показники, область допустимих значень яких є множиною  $D_j = T_j = \{\tau_1^j, \dots, \tau_s^j, \dots, \tau_{s_j}^j\}$ ,  $\tau_s^j$  –  $s$ -те унікальне значення символічного показника  $P_j$ ; та числові показники, область допустимих значень яких є компактом і представляє відрізок  $D_j = [a^j, b^j]$ ;  $a^j, b^j \in R$ .

Позначимо  $P_j^i$  значення показника  $P_j$  обчислене для транзакції  $x^i$ .  $p^i = (p_1^i, \dots, p_m^i, \dots, p_M^i)$  – характеристичний вектор транзакції  $x^i \in X_n$  є вхідними даними для алгоритму нечіткого класифікатора.

У результаті обробки вхідного вектора  $p^i = (p_1^i, \dots, p_m^i, \dots, p_M^i)$  при аналізі транзакції  $x^i \in X_n$  моделлю нечіткого класифікатора обчислюються значення вихідних показників:  $R_e$  – рівень ризику поточної транзакції,  $R_h$  – рівень ризику історії транзакцій по ПК,  $R_t$  – загальний рівень ризику транзакції; областю допустимих значень яких є відрізок  $[0; 1]$ . Для обчислення показника  $R_e$  алгоритм нечіткого класифікатора застосовується до частини компонент  $p_1^i, \dots, p_m^i$  вектора  $p^i$ , які характеризують поточну транзакцію. Для обчислення показника  $R_h$  алгоритм нечіткого класифікатора застосовується до частини компонент  $p_{m+1}^i, \dots, p_M^i$ , які характеризують історію транзак-



Показники, що характеризують поточну транзакцію

Показники, що враховують попередні транзакції по картрахунку, вказаному в поточній транзакції

Рис. 1. Дворівнева ієрархія показників, що використовуються для аналізу транзакції

цій по ПК. Показник  $R_i$  обчислюється на основі застосування алгоритму нечіткого класифікатора до отриманих значень показників  $(R_c, R_h)$ . Позначимо  $r_c^i, r_h^i, r_i^i$  відповідні значення вихідних показників  $R_c, R_h, R_i$  отримані для транзакції  $x^i$ .

неності експерта у належності його відповідній нечіткій множині (таблично задані функції). Функції приналежності показників  $P_j$  наведено у відповідних клітинках таблиці 1.

Таблиця 1. Класифікація показників  $P_j$

#### Визначення лінгвістичних змінних

Визначимо лінгвістичні змінні [12] для відображення вхідних показників  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_M$  як  $B^j = \{\omega^j, T(\omega^j), U^j, G^j, M^j\}$ , де  $\omega^j$  – назва змінної; «Рівень підозрілості показника  $P_j$ »;  $T(\omega^j)$  – множина імен лінгвістичних значень змінної  $\omega^j$ ;  $\{B_1^j = \text{«низький»}, B_2^j = \text{«середній»}, B_3^j = \text{«високий»}\}$ , кожне з яких є нечіткою множиною на множині  $U^j$ ;  $U^j$  – область значень, яких набуває показник  $P_j$ ;  $U^j = D_j$ ;  $G^j$  – синтаксичне правило для утворення імен значень  $\omega^j$ , наприклад «дуже», «не дуже» (для спрощення викладення не будемо використовувати дані модифікатори для формування нових термів);  $M^j$  – семантичне правило для асоціювання кожної величини значення з її поняттям, визначає вид функції приналежності для кожної нечіткої множини з  $T(\omega^j)$ . Враховуючи особливості задачі аналізу транзакцій, для визначення функцій приналежності  $M^j$ , пропонується застосовувати для числових показників  $P_j$  трапецієподібні функції приналежності, для визначення яких експерту необхідно розбити його область значень  $D_j = [a^j, b^j]$ ;  $a^j, b^j \in R$  на діапазон значень (відрізки)  $p_v^* \in [a_1^j, a_2^j]$ ,  $p_v^* \in [a_3^j, a_4^j]$ ,  $p_v^* \in [a_5^j, a_6^j]$ , на яких він упевнений щодо класифікації рівня підозрілості даного показника: «низький», «середній», «високий» відповідно, а в інтервалах  $p_v^* \in [a_2^j, a_3^j]$  та  $p_v^* \in [a_4^j, a_5^j]$  показник із певним рівнем упевненості  $\mu^*$  буде визнаний як «низький» або «середній» відповідно та з рівнем впевненості  $1 - \mu^*$  буде визнаний як «середній» або «високий». Для символічних показників  $P_q$  пропонується кожному значенню  $\tau_s^j \in D_j$  поставити у відповідність ступінь упев-

Показник	«низький рівень підозрілості» $B_1^j$	«середній рівень підозрілості» $B_2^j$	«високий рівень підозрілості» $B_3^j$
$P_1$	$\mu_1^1$	$\mu_2^1$	$\mu_3^1$
...	...	...	...
$P_q$ символічний	$(\tau_1^q; \mu_1^q(\tau_1^q))$	$(\tau_{s_q}^q; \mu_2^q(\tau_{s_q}^q))$	$(\tau_{s_q}^q; \mu_3^q(\tau_{s_q}^q))$
	...	...	...
	$(\tau_{s_q}^q; \mu_1^q(\tau_{s_q}^q))$	$(\tau_{s_q}^q; \mu_2^q(\tau_{s_q}^q))$	$(\tau_{s_q}^q; \mu_3^q(\tau_{s_q}^q))$
При цьому якщо певне значення $\tau_{s_q}^q$ одночасно належить двом сусіднім класам $B_1^q$ та $B_2^q$ (або класам $B_2^q$ і $B_3^q$ ), то має виконуватись умова: $\mu_2^q(\tau_{s_q}^q) = 1 - \mu_1^q(\tau_{s_q}^q)$ (або $\mu_3^q(\tau_{s_q}^q) = 1 - \mu_2^q(\tau_{s_q}^q)$ відповідно)			
...	...	...	...
$P_q$ числовий	$(a_1^w, a_1^w, a_2^w, a_3^w)$	$(a_2^w, a_3^w, a_4^w, a_5^w)$	$(a_4^w, a_5^w, a_6^w, a_6^w)$
	$p^w \in [a_1^w, a_2^w]$ $\mu_1^w(p^w) = 1$	$p^w \in [a_2^w, a_3^w]$ $\mu_2^w(p^w) = \frac{p^w - a_2^w}{a_3^w - a_2^w}$	$p^w \in [a_4^w, a_5^w]$ $\mu_3^w(p^w) = \frac{p^w - a_4^w}{a_5^w - a_4^w}$
	$p^w \in [a_2^w, a_3^w]$ $\mu_1^w(p^w) = \frac{a_3^w - p^w}{a_3^w - a_2^w}$	$p^w \in [a_3^w, a_4^w]$ $\mu_2^w(p^w) = 1$	$p^w \in [a_5^w, a_6^w]$ $\mu_3^w(p^w) = 1$
		$p^w \in [a_4^w, a_5^w]$ $\mu_2^w(p^w) = \frac{a_5^w - p^w}{a_5^w - a_4^w}$	
...	...	...	...
$P_M$	$\mu_1^N$	$\mu_2^N$	$\mu_3^N$

Визначимо лінгвістичні змінні для відображення вихідних показників  $R_c, R_h, R_t$  як  $R^q = \{\omega^q, T(\omega^q), U^q, G^q, M^q\}$ , де  $\omega^q$  – назва змінної: «Ступінь ризику транзакції (поточної/історії/в цілому)»;  $T(\omega^q)$  – нечіткі множини  $\{R_1^q = \text{«низький»}, R_2^q = \text{«середній»}, R_3^q = \text{«високий»}\}$ ;  $U^q$  – область значень показника ризику транзакції  $[0; 1]$  (стандартний 01-носіє [10]);  $M^q$  – трапецієподібні функції приналежності для кожної нечіткої множини з  $T(\omega^q)$ . Дані функції є стандартними трапецієподібними функціями на 01-носіє і визначають ступінь оціночної впевненості експерта у класифікації транзакції (табл. 2, рис. 2). Вузловими точками у класифікаторі оцінки показника рівня ризику  $R_c, R_h, R_t$  є числа  $h_j = \{0.15, 0.5, 0.85\}$ .

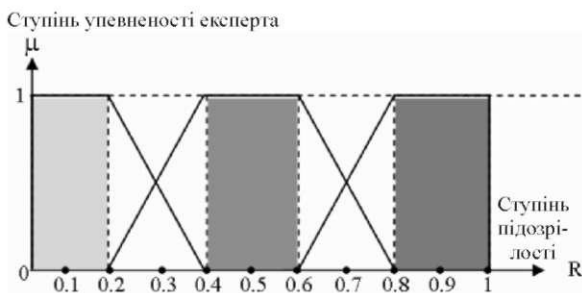


Рис. 2. Класифікація показників  $R_c, R_h, R_t$

Фарбовані ділянки відповідають значенням параметра  $R_c, R_h, R_t$ , які однозначно класифікуються експертом (експерт цілком упевнений у їх класифікації). Незафарбовані ділянки відповідають значенням параметра  $R_c, R_h, R_t$  у класифікації яких експерт не впевнений (наприклад, яке значення може з деякою мірою впевненості  $\mu$  класифікуватися як «низький рівень ризику» і з деякою мірою впевненості  $1-\mu$  класифікуватися як «середній рівень ризику»).

Таблиця 2. Класифікатор показника ризику  $R_c, R_h, R_t$

Показник	«низький рівень ризику» $R_1^q$	«середній рівень ризику» $R_2^q$	«високий рівень ризику» $R_3^q$
$R_c$	$\mu_1^c(r_c)$	$\mu_2^c(r_c)$	$\mu_3^c(r_c)$
$R_h$	$\mu_1^h(r_h)$	$\mu_2^h(r_h)$	$\mu_3^h(r_h)$
$R_t$	$\mu_1^t(r_t)$	$\mu_2^t(r_t)$	$\mu_3^t(r_t)$

де функції приналежності визначаються за формулами:

$$\mu_1^*(r_*) = \begin{cases} 1, r_* \in [0; 0.2), \\ 5 \cdot (0.4 - r_*), r_* \in [0.2; 0.4), \\ 1, r_* \in [0.4; 1] \end{cases}$$

$$\mu_2^*(r_*) = \begin{cases} 0, r_* \in [0; 0.2), \\ 5 \cdot (r_* - 0.2), r_* \in [0.2; 0.4), \\ 1, r_* \in [0.4; 0.6), \\ 5 \cdot (0.8 - r_*), r_* \in [0.6; 0.8), \\ 0, r_* \in [0.8; 1] \end{cases}$$

$$\mu_3^*(r_*) = \begin{cases} 0, r_* \in [0; 0.6), \\ 5 \cdot (r_* - 0.6), r_* \in [0.6; 0.8), \\ 1, r_* \in [0.8; 1] \end{cases}$$

### Значимість показників

Кожному показнику  $P_j$  зіставляється рівень його значимості  $w_j$  для аналізу ризику транзакції, тобто ступінь його впливу на загальну оцінку транзакції  $x_i$ . Фактично  $w_j$  є значенням ваги показника  $P_j$  у загальній системі показників. Зауважимо, що оскільки показники  $P_1, \dots, P_j, \dots, P_M$  розділені на дві незалежні групи  $P_1, \dots, P_m$  та  $P_{m+1}, \dots, P_M$  то і набір ваг визначається окремо для кожної групи.

При цьому мають виконатися умови:

$$0 \leq w_j \leq 1, \forall j = \overline{1; n}, \sum_{j=1}^n w_j = 1.$$

Якщо система показників проранжована у порядку зменшення їх значимості, то значимість  $j$ -го показника  $w_j$  слід визначати за правилом Фішберна [13]:  $w_j = \frac{2(n-j+1)}{(n+1)n}, j = \overline{1; n}$ .

Якщо ж усі показники є рівнозначимі (або системи переваг немає), тоді  $w_j = 1/n, j = \overline{1; n}$ .

Якщо ж система показників проранжована за змішаною схемою, тобто є як відношення переваг ( $\geq$ ), так і відношення байдужості ( $\approx$ ), то необхідно визначати за наступною рекурсивною схемою:

$$w_j = \frac{s_j}{\sum_{j=1}^n s_j},$$

$$\text{де } s_n = 1, s_{j-1} = \begin{cases} s_j, P_{j-1} \approx P_j \\ s_j + 1, P_{j-1} > P_j \end{cases} j = \overline{n; 2}.$$

### Алгоритм класифікації транзакцій

При надходженні в ПЦ нової транзакції  $x^i = (x_1^i, x_j^i, \dots, x_m^i)$  виконується її класифікація за таким алгоритмом.

**Крок 1.** Виконується оцінка поточного рівня показників, тобто для транзакції  $x^i \in X_n$  визначається значення кожного з показників  $P_j^i: p_j^i$ .

**Крок 2.** Проводиться розпізнавання поточних значень  $p_j^i$  за критерієм таблиці 1. Результатом проведеної класифікації є таблиця 3, де  $\lambda_{ij}$  – рівень приналежності носія  $p_j^i$  нечіткій підмножині  $B_j: \lambda_{jk} = \mu_k^j(p_j)$ .

Якщо таблицю 3 до визначити одним стовпчиком рівнів значущості показників в комплексній оцінці (крок 3) і рядком вузлових точок трирівневого класифікатора (крок 4), тоді отримане матричне представлення є підсумком моделювання, достатнім для оцінки рівня підозрілості транзакції.

Таблиця 3. Рівні приналежності носіїв нечітким підмножинам

Показник	Результат класифікації за підмножинами		
	$B_1^j$	$B_2^j$	$B_3^j$
$P_1$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$	$\lambda_{13}$
...	...	...	...
$P_j$	$\lambda_{j1}$	$\lambda_{j2}$	$\lambda_{j3}$
...	...	...	...
$P_M$	$\lambda_{M1}$	$\lambda_{M2}$	$\lambda_{M3}$

**Крок 3.** Оцінка рівня ризику поточної транзакції  $R_c$  відбувається шляхом подвійної згортки даних таблиці 3

$$R_c = \sum_{k=1}^3 h_k \sum_{j=1}^m w_j \lambda_{jk},$$

де  $h_k = 0.1 + 0.4 \cdot (k-1)$ ,  $\lambda_{jk}$  визначаються за таблицею 3, а  $w_j$  – значимість показника  $P_j$ .

Оцінка рівня ризику історії транзакцій по ПК  $R_h$ :

$$R_h = \sum_{k=1}^3 h_k \sum_{j=m+1}^M w_j \lambda_{jk}.$$

Загальна оцінка рівня ризику транзакції  $R_t$ :

$$R_t = \sum_{k=1}^3 h_k \cdot (w_c \cdot R_c + w_h \cdot R_h).$$

Таким чином, результуюча оцінка ступеня підозрілості транзакції визначається як середньозважене за всіма показниками, які беруть участь в

аналізі транзакції, з одного боку, і за всіма якісними рівнями цих показників, з іншого боку.

**Крок 4.** Отримане значення рівня ризику  $R_t$  ( $R_t \in [0; 1]$ ) відображує, наскільки підозрілою є транзакція: чим ближче до 1 значення  $R_t$ , тим більш підозрілою є транзакція. Його можна класифікувати на базі таблиці 2. Результатом класифікації є лінгвістичний опис рівня ризику транзакції  $R_t$ : «непідозріла транзакція», «підозріла транзакція», «дуже підозріла транзакція» і ступінь упевненості системи (експерта) в такому результаті розпізнавання  $\mu$  ( $\mu \in [0; 1]$ ). Отже, висновки про ступінь ризику транзакції  $R_t$  набуває лінгвістичної форми і характеризується показником якості отриманого твердження.

## Висновки

Запропонована модель аналізу транзакцій дозволяє досить оперативно проаналізувати поточну транзакцію та оцінити загальний ризик транзакції, отримати лінгвістичну інтерпретацію ступеня її підозрілості та числову оцінку впевненості експерта в результаті такої класифікації. Запропонований алгоритм дозволяє вдосконалити стандартну систему правил типу «IF-THEN», що зазвичай застосовується в багатьох системах моніторингу транзакцій, надати більш зручний, гнучкий та зрозумілий експерту інструментарій настройки системи моніторингу транзакцій.

1. <http://ema.com.ua/>
2. Вертузав М. С., Кондратьев Я. Ю., Пугачев С. Е., Юрченко А. М. Способы совершения преступлений с использованием банковских платежных карт // Інформаційні технології та захист інформації: 36. наук. праць. - Запоріжжя: Юридичний ін-т МВС України, 1999. - Вип. 3. - № 1. - С. 50-67.
3. Bhatla T. P., Prabhu V., Dua A. Understanding Credit Card Frauds // Tata Consultancy Services. Cards Business Review. - 2003.
4. Заславський В. А. Принцип різноманітності та особливості дослідження складних систем з високою ціною відмови // Вісник Київ. ун-ту. Сер. Фіз.-мат. науки. - 2006. - № 1. - С. 136-147.
5. Многоверсионные системы, технологии, проекты / В. С. Харченко, В. Я. Жихарев, В. М. Илюшко, Н. В. Нечипорук. Под ред. д-ра техн. наук, проф. В. С. Харченко. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. - 486 с.
6. Заславський В. А., Стрижак Г. О. Автоматизована система моніторингу шахрайських транзакцій в платіжній системі // 5-та Міжнародна конференція «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем», 22-26 вересня 2008 р., Київ - Чернівці. - К., 2008. - Ч. 2. - С. 27-36.
7. Заславський В. А., Стрижак А. А. Применение самоорганизующихся карт для выявления мошеннических транзакций в платежной системе // Проблемы управления и информатики. - 2006. - № 6. - С. 128-141.
8. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Пер. с польского И. Д. Рудинского. - М.: Горячая линия - Телеком, 2006. - 452 с.
9. Ягер Р. Р. Нечеткие множества и теория возможностей. - М.: Наука, 1986. - 405 с.
10. Недосекин А. О., Воронов К. И. Анализ риска инвестиций с применением нечетких множеств // Управление риском. - 2000. - № 1.
11. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ. - 2000. - № 2.
12. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Наука, 1976. - 165 с.
13. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. - М.: Наука, 1978. - 352 с.

V. Zaslavskii, A. Strizhak

## FUZZY SET MODEL OF TRANSACTION RISK VALUATION IN PAYMENT SYSTEM

The problem and algorithm of fraud detection in payment system is considered. The proposed approach is based on mathematical apparatus of fuzzy sets and it allows to get aggregative rate of transaction risk and its linguistic interpretation - belonging to some class of «unsuspicious», «suspicious», «very suspicious» transactions.