

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ В КОРПОРАТИВНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

МЕЛЬНИК Г. В.

УДК 303.131.7

Мельник Г. В. Моделювання системи управління інформаційними ризиками в корпоративній інформаційній системі

Мета статті полягає у дослідженні можливості мереж Петрі для моделювання системи управління інформаційними ризиками в корпоративній інформаційній системі. Запропоновано використання нечітких часових мереж Петрі з інгібіторними зв'язками для моделювання динаміки дозволу чи заборони доступу користувачів до об'єктів комп'ютерної системи. У результаті дослідження було побудовано нечітку часову мережу Петрі з інгібіторними зв'язками, що дозволяє змодельовувати динаміку процесу аутентифікації та ідентифікації користувача, контроль відповідності розмежування прав доступу до інформаційних ресурсів комп'ютерної системи. Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є використання мереж Петрі для формування нечітких висновків про дієвість системи управління інформаційними ризиками в корпоративній системі.

Ключові слова: корпоративна інформаційна система, інформаційні ризики, нечітка мережа Петрі, аутентифікація та ідентифікація користувачів.

Рис.: 2. **Формул:** 7. **Бібл.:** 9.

Мельник Галина Василівна – асистент, кафедра прикладної математики, Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича (вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012, Україна)

E-mail: mehalyna@rambler.ru

УДК 303.131.7

Мельник Г. В. Моделирование системы управления информационными рисками в корпоративной информационной системе

Цель статьи состоит в исследовании возможностей сетей Петри для моделирования системы управления информационными рисками в корпоративной информационной системе. Предлагается использование нечетких временных сетей Петри с ингибиторными связями для моделирования динамики разрешения или запрета доступа пользователей к объектам компьютерной системы. В результате исследования была построена нечеткая временная сеть Петри с ингибиторными связями, позволяющая моделировать динамику процесса аутентификации и идентификации пользователя, контроль соответствия разграничения прав доступа к информационным ресурсам компьютерной системы. Перспективой дальнейших исследований в данном направлении является использование сетей Петри для формирования нечетких выводов о действенности системы управления информационными рисками в корпоративной системе.

Ключевые слова: корпоративная информационная система, информационные риски, нечеткая сеть Петри, аутентификация и идентификация пользователей.

Рис.: 2. **Формул:** 7. **Библ.:** 9.

Мельник Галина Васильевна – ассистент, кафедра прикладной математики, Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича (ул. Коцюбинского, 2, Черновцы, 58012, Украина)

E-mail: mehalyna@rambler.ru

UDC 303.131.7

Melnyk H. V. Modelling the System of Managing Information Risks in the Corporate Information System

The goal of the article lies in the study of possibilities of Petri nets for modelling the system of managing information risks in the corporate information system. The article offers to use fuzzy timed Petri nets with inhibitory links for modelling dynamics of permitting or forbidding access of users to the objects of the computer system. In the result of the study the article builds up a fuzzy timed Petri net with inhibitory links that allows modelling dynamics of the process of authentication and identification of the user, control of correspondence of differentiation of rights of access to information resources of the computer system. The prospect of further studies in this direction is the use of Petri nets for formation of fuzzy conclusions on effectiveness of the system of managing information risks in the corporate system.

Key words: corporate information system, information risks, fuzzy Petri net, authentication and identification of users.

Pic.: 2. **Formulae:** 7. **Bibl.:** 9.

Melnyk Halyna V. – Assistant, Department of Applied Mathematics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University (2 Kotsjubynskiy Str., Chernivtsi, 58012, Ukraine)

E-mail: mehalyna@rambler.ru

Прийняття управлінських рішень ґрунтується на застосуванні інформаційних технологій, що передбачають сприймання потужних інформаційних потоків, надійне їх збереження, забезпечення швидкого та безпечного доступу до даних, реалізацію їх обміну за всіма наявними каналами та обробку інформації з подальшим наданням користувачам необхідних даних та забезпеченням ефективної підтримки прийняття рішень. Впровадження нових інформаційних технологій завжди пов'язане з новими ризиками. Чим складнішою є структура корпоративної інформаційної системи (КІС), тим вищим є ризик здійснення стосовно неї загроз: проникнення ззовні чи несанкціонований доступ зсередини підприємства, зокрема з метою фінансового шахрайства або розкриття комерційної таємниці, несанкціонована зміна чи знищення інформації тощо.

Міжнародний досвід розвитку стандартів безпеки інформаційних технологій у захищених комп'ютерних системах показує, що загрози несанкціонованого доступу, на думку західних фахівців, займають пріоритетне місце і вважаються найбільш узагальненою характеристикою стану захищеності комп'ютерної системи в цілому [1]. Кваліфікований порушник інформаційної безпеки відносно легко використовує функціональні можливості ресурсів комп'ютерної системи для несанкціонованого доступу до тих об'єктів КІС, що підлягають захисту, шляхом введення відповідних запитів або команд. Одним із стратегічних напрямків управління інформаційними ризиками є запобігання ризику, а саме – контроль і аудит доступу користувачів до об'єктів і ресурсів інформаційної системи.

Сучасні комп'ютерні імітаційні моделі дозволяють змодельовати динаміку дієвості дозволу чи заборони доступу користувача до об'єктів комп'ютерної системи. Але такі системи не надають повної інформації про взаємодію об'єктів системи, особливо якщо система має складну структуру. Великі можливості досліднику складних систем надає теорія графів. Графічна форма представлення систем є наочною і дозволяє досить просто масштабувати рівні розгляду об'єктів і процесів та моделювати не тільки статичні системи, але й динамічні процеси. Одним із найбільш перспективних інструментаріїв моделювання з теорії графів є мережа Петрі – граф, який має у своєму розпорядженні дві різні групи вершин: вузли та переходи. Вузли можуть бути вільними або зайнятими маркером (міткою). Вони володіють низкою властивостей, що дозволяють вважати мережі Петрі придатними для моделювання інформаційних ризиків [2].

Нечіткі мережі Петрі умовно можуть бути розділені на дві частини. Перша частина, що описує структуру мережі, зазвичай є стандартною, а процеси початкової розмітки та переміщення маркерів по мережі визначаються за допомогою засобів та методів нечітких множин і нечіткої логіки. Для аналізу інформаційних ризиків можуть застосовуватися нечіткі мережі Петрі різних модифікацій [3, 4]. Для аналізу динамічних властивостей процесів, що підлягають моделюванню, використовують нечіткі часові мережі Петрі [5]. Такі моделі доповнюють статичні моделі структурного системного аналізу і дозволяють всебічно досліджувати подібні процеси. Використання мереж Петрі з такою метою забезпечує наочність представлення правил нечітких продукцій, які дозволяють здійснювати виведення нечітких висновків.

Таким чином, для аналізу інформаційних ризиків пропонується використовувати нечіткі часові мережі Петрі для дослідження динамічних процесів, а також нечіткі мережі Петрі, що були адаптовані до отримання нечітких висновків про можливість використання певних механізмів захисту від інформаційних ризиків, про ступінь небезпеки окремих ризиків тощо. Для динамічного моделювання процесів пропонується застосовувати нечітку часову мережу, що доповнена можливістю використання інгібіторних зв'язків (дуг). Інгібіторна дуга мережі Петрі – дуга, що забезпечує можливість перевірки позиції мережі на відсутність маркера. Інгібіторна дуга забороняє спрацювання переходу, якщо у вхідній позиції, що пов'язана з переходом інгібіторною дугою, знаходиться маркер. Доведено, що мережа Петрі з інгібіторними дугами еквівалентна машині Тьюринга, та з її допомогою можна визначити дозволений алгоритм [6].

Формально узагальнена нечітка часова мережа Петрі з інгібіторними дугами може бути представлена таким чином:

$$NP_{\tau} = (P, T, I, I_d, O, m_0, Z, \Theta), \quad (1)$$

де $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ – скінчена множина позицій; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_K\}$ – скінчена множина переходів; I – вхідна функція переходів, що визначена як відображення $I: P \times T \rightarrow N^0$; I_d – бінарна функція інгібіторних зв'язків,

що визначається як відображення $I_d: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$; O – вихідна функція переходів, що визначена як відображення $O: P \times T \rightarrow N^0$; $m^0 = \{m_1^0, m_2^0, \dots, m_N^0\}$ ($m_i^0 \in N^0, i = \overline{1, N}$) – вектор початкового маркування мережі, компонента якого m_i^0 є деякою нечіткою невід'ємною величиною; Z – вектор параметрів часових затримок маркерів у позиціях, компонента якого z_j ($j = \overline{1, N}$) є нечіткою невід'ємною величиною; Θ – вектор параметрів часу спрацювання дозволених переходів, компонента якого θ_l ($l = \overline{1, K}$) є нечіткою невід'ємною величиною; N^0 – множина натуральних чисел і нуль.

На рис. 1 представлено нечітку часову мережу Петрі, що дозволяє дослідити процес дозволу чи заборони доступу користувача до інформаційних ресурсів (бази даних, каналів передачі інформації тощо) певного контуру корпоративної інформаційної системи (КІС). За допомогою цієї моделі може бути досліджено динаміку процесу автентифікації та ідентифікації користувача, контроль відповідності розмежування прав доступу та визначено вплив окремих подій на час виконання процесу дозволу чи заборони доступу до об'єктів захисту.

Позиціям $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}\}$ мережі Петрі відповідають процеси, що забезпечують виконання основного процесу контролю доступу користувача до інформаційних ресурсів. За допомогою переходів $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8\}$ задається порядок виконання процесів. Позиціям мережі поставлені у відповідність такі процеси: p_1 – запит на авторизацію користувача; p_2 – введення користувачем паролю; p_3 – передача запиту в підсистему захисту; p_4 – обробка запиту підсистемою захисту; p_5 – отримання і аналіз даних з підсистеми; p_6 – запит на продовження роботи; p_7 – формування відмови користувачу в доступі; p_8 – повідомлення користувачу про результат запиту на доступ; p_9 – доступ до об'єкта захисту; p_{10} – запис результатів авторизації та ідентифікації.

Для моделювання процесу дозволу чи заборони доступу користувача до інформаційного ресурсу пропонується використовувати нечітку часову мережу з інгібіторної зв'язками безпечного типу [9]. У мережі Петрі безпечного типу в позиції не може перебувати більше одного маркера.

Динаміка переміщення маркерів по мережі визначається такими правилами R_i :

R_1 – правило визначення поточного маркування. Будь-який стан мережі визначається вектором $m = \{m_1, m_2, \dots, m_N\}$ ($m_i \in N^0, i = \overline{1, N}$), компоненти якого задаються за допомогою трапецієподібних нечітких інтервалів

$m_i = \langle a_1^i, a_2^i, a_3^i, a_4^i \rangle$ і визначають функції належності нечіткої присутності маркера у відповідній позиції $p_i \in P$ відносно періоду часу, що минув з моменту завантаження даної мережі. Початковий стан мережі визначається вектором початкового маркування m^0 .

R_2 – правило активності переходу. Перехід $t_j \in T$ є активним (дозволеним) при деякому доступному маркуванні ($m_i \in N^0, i = \overline{1, N}$), якщо виконуються такі умови:

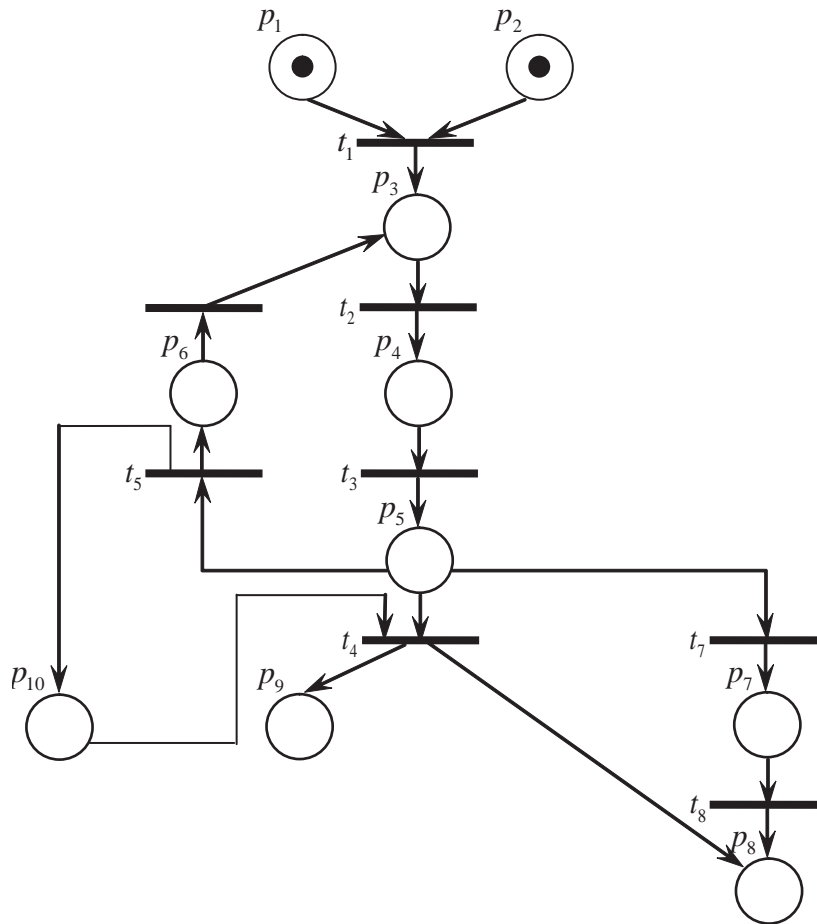


Рис. 1. Початкове маркування нечіткої часової мережі Петрі з інгібіторними зв'язками, що моделює процес дозволу доступу користувача до інформаційного ресурсу

$$m_i > 0 ((\forall p_i \in P) \wedge (I(p_i, t_j) > 0)) \wedge ((\forall p_d \in P) \wedge (I_d(p_d, t_j) = 1))$$

і, крім того, за умови, якщо $m_d = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle$.

Тобто у всіх вхідних позиціях даного переходу $t_j \in T$ в певний момент часу повинні бути маркери з відповідною функцією належності, що відмінна від нуля, і на всіх вхідних інгібіторних дугах підтримується режим дозволу спрацьовування переходу.

R_3 – правило нечіткого спрацьовування переходу. Якщо перехід $t_j \in T$ є активним (виконується правило R_2) за умовами маркування, то перехід спрацьовує за час θ_j і маркування m змінюється на маркування m'' за таким правилом:

1) для кожної вхідної позиції $p_i \in P$ за умови $I(p_i, t_k) > 0$ маркування позиції p_i змінюється на $m_i'' = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle$;

2) усі вихідні позиції $p_j \in P$ за умови $O(t_k, p_j) > 0$ змінюють стан за формулою:

$$m_j' = \min\{\bar{m}_i + \theta_k, m_j\}, (\forall p_i \in P) \wedge (O(t_k, p_j) > 0) \wedge (m_j \neq \langle 0, 0, 0, 0 \rangle),$$

де $\bar{m}_i = \max\{m_i\}, (i = \overline{1, N}) \wedge (I(p_i, t_k) > 0)$.

Операція є розширеною операцією максимуму для трапецієподібних нечітких чисел. Операція над двома нечіткими трапецієподібними числами a і b виконується таким чином [7, 8]:

$$\max(a, b) = \langle c_1, c_2, c_3, c_4 \rangle \text{ де } c_i = \max\{a_i, b_i\}, i = \overline{1, 4}.$$

Операція \min є розширеною операцією мінімуму для трапецієподібних нечітких чисел. Для виконання операції \min над двома нечіткими числами a і b необхідно виконати:

$$\min(a, b) = \langle c_1, c_2, c_3, c_4 \rangle, \text{ де } c_i = \min\{a_i, b_i\}, i = \overline{1, 4}.$$

3) для позицій $p_l \in P$, що не є ні вхідними, ні вихідними по відношенню до переходу t_k маркування не змінюється:

$$m_l'' = m_l \quad \forall p_l \in P \mid I(p_l, t_k) = 0 \wedge O(t_k, p_l) = 0.$$

Якщо позиція є одночасно і вхідною і вихідною, то спочатку проводиться розрахунок як для вхідної позиції (п. 1), а потім – як для вихідної (п. 2).

R_4 – правило нечіткої затримки в позиціях. Після нечіткого спрацьовування активних переходів за правилом R_3 нове маркування m_j'' встановлюється із затримкою, яка визначається нечітким інтервалом z_j для кожної вихідної позиції. Доступне маркування визначається за формулою:

$$m_j''' = m_j'' + z_j \quad \forall p_j \in P \mid O(t_k, p_j) > 0 \wedge m_j'' \neq \langle 0, 0, 0, 0 \rangle.$$

Операція додавання двох трапецієподібних нечітких чисел a і b виконується таким чином:

$$\text{sum}(a, b) = \langle c_1, c_2, c_3, c_4 \rangle, \text{ де } c_i = a_i + b_i, i = \overline{1, 4}.$$

За допомогою додатку PetriNet Toolbox пакету Matlab була змодельована мережа Петрі, що представлена на рис. 1. Для аналізу досяжності маркувань була

побудована діаграма (граф досяжності) за умовами приведенного прикладу (рис. 2). Вершинами графу є досяжні маркування; дуги вказують порядок безпосереднього слідування маркування. Кожна дуга помічена переходом $m^r \rightarrow t_k \rightarrow m^d$, де m^r і m^d – маркування, t_k – перехід, внаслідок активації якого досягається маркування m^d .

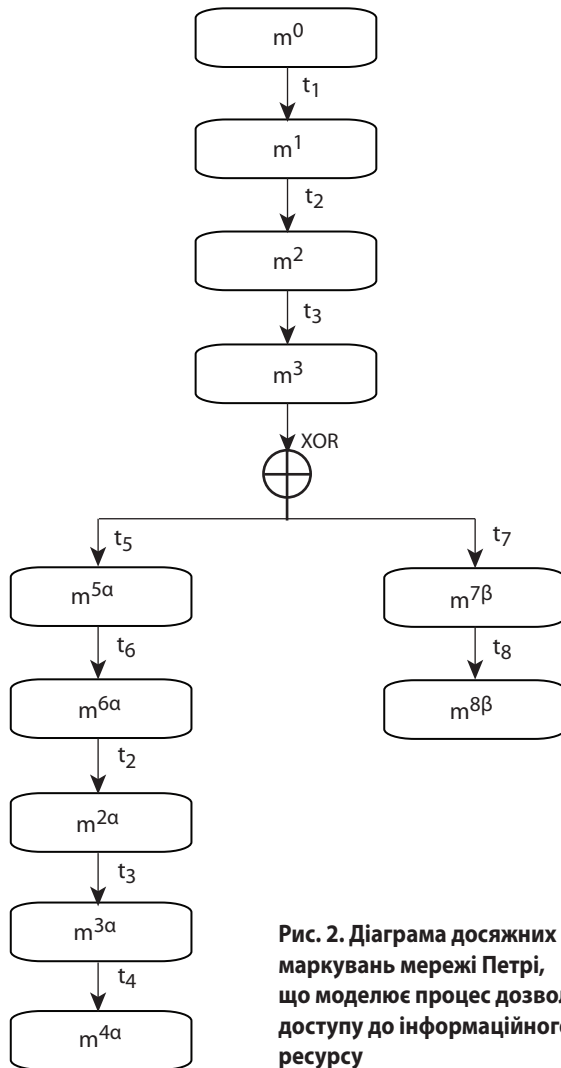


Рис. 2. Діаграма досяжних маркувань мережі Петрі, що моделює процес дозволу доступу до інформаційного ресурсу

Розглянемо приклад моделювання процесу дозволу користувача до інформаційного ресурсу на певному контурі корпоративної інформаційної системи. Вихідними даними прикладу є початкове маркування мережі ($m^0_i, i = 1, 10$) (див. рис. 1), дані про затримку маркерів в позиціях ($z_p, p = 1, 10$) та дані про час спрацювання переходів t_k ($\theta_k, k = 1, 8$). Вихідні дані представлені множиною трапецієподібних нечітких інтервалів.

Нехай початкове маркування мережі m^0 задається такою множиною інтервалів:

$$\begin{aligned}
 m_1^0 &= \langle 0, 1, 2, 3 \rangle, m_2^0 = \langle 2, 3, 4, 5 \rangle, m_3^0 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_4^0 &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^0 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_6^0 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_7^0 &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_8^0 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_9^0 = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_{10}^0 &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle.
 \end{aligned}$$

Час затримки маркерів в позиціях z_i визначається тривалістю відповідних інформаційних процесів і задається у вигляді трапецієподібних нечітких інтервалів:

$$\begin{aligned}
 z_1 &= \langle 1, 2, 5, 6 \rangle, z_2 = \langle 1, 3, 8, 10 \rangle, z_3 = \langle 2, 4, 6, 8 \rangle, \\
 z_4 &= \langle 1, 3, 6, 9 \rangle, z_5 = \langle 1, 3, 6, 9 \rangle, z_6 = \langle 2, 4, 6, 8 \rangle, \\
 z_7 &= \langle 2, 3, 5, 7 \rangle, z_8 = \langle 1, 2, 4, 6 \rangle, z_9 = \langle 2, 4, 7, 9 \rangle, \\
 z_{10} &= \langle 3, 5, 8, 10 \rangle.
 \end{aligned}$$

Час θ_k , що відводиться на спрацювання переходів t_k розглядається як тривалість виконання деяких операцій (реакція на отриману інформацію, виконання допоміжних операцій тощо). Множина часових затримок спрацювання переходів задається також у вигляді трапецієподібних нечітких інтервалів:

$$\begin{aligned}
 \theta_1 &= \langle 1, 2, 4, 5 \rangle, \theta_2 = \langle 1, 2, 4, 5 \rangle, \theta_3 = \langle 1, 2, 4, 5 \rangle, \\
 \theta_4 &= \langle 2, 4, 7, 9 \rangle, \theta_5 = \langle 2, 3, 6, 7 \rangle, \theta_6 = \langle 2, 3, 5, 6 \rangle, \\
 \theta_7 &= \langle 2, 3, 6, 7 \rangle, \theta_8 = \langle 2, 3, 5, 6 \rangle.
 \end{aligned}$$

З урахуванням правил R_1 і R_4 доступним є початкове маркування з урахуванням затримок у позиціях:

$$\begin{aligned}
 m_1^{0''} &= \langle 1, 3, 7, 9 \rangle, m_2^{0''} = \langle 3, 6, 12, 15 \rangle, m_3^{0''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_4^{0''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^{0''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_6^{0''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_7^{0''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_8^{0''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_9^{0''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_{10}^{0''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle.
 \end{aligned}$$

За правилом R_2 активним є перехід t_1 , який спрацює згідно з правилом R_3 . Далі послідовно спрацюють переходи t_2 і t_3 , після чого з урахуванням часу затримок у позиціях буде отримане маркування m^3 :

$$\begin{aligned}
 m_1^{3''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_2^{3''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_3^{3''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_4^{3''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^{3''} = \langle 11, 23, 42, 55 \rangle, m_6^{3''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_7^{3''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_8^{3''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_9^{3''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_{10}^{3''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle.
 \end{aligned}$$

За даного маркування активними є переходи t_4 і t_5 . Розглянемо обидва альтернативні шляхи мережі (див. рис. 1, 2). На представленій діаграмі (див. рис. 2) досяжні маркування мережі Петрі позначаються $m^{i\alpha}$ та $m^{j\beta}$ відповідно.

У випадку спрацювання переходу t_5 маркери надходять у позиції p_6 і p_{10} . З урахуванням затримки у даних позиціях буде отримане маркування $m^{5\alpha}$:

$$\begin{aligned}
 m_1^{5\alpha''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_2^{5\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_3^{5\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_4^{5\alpha''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^{5\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_6^{5\alpha''} &= \langle 13, 26, 48, 62 \rangle, m_7^{5\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_8^{5\alpha''} &= \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_9^{5\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, \\
 m_{10}^{5\alpha''} &= \langle 18, 35, 62, 80 \rangle.
 \end{aligned}$$

Для отриманого маркування активним є перехід t_6 . Після його спрацювання маркер з позиції p_6 перейде в позицію p_3 . Далі послідовно спрацюють переходи t_2 і t_3 , маркер зупиниться в позиції p_5 і буде доступним таке маркування $m^{3\alpha}$:

$$m_1^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_2^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_3^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle,$$

$$m_4^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^{3\alpha''} = \langle 22, 44, 79, 103 \rangle,$$

$$m_6^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^{3\alpha''} = \langle 22, 44, 79, 103 \rangle,$$

$$m_6^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_7^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_8^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle,$$

$$m_9^{3\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_{10}^{3\alpha''} = \langle 18, 35, 62, 80 \rangle.$$

З урахуванням інгібіторного зв'язку таке маркування забезпечує активність переходу t_4 , після спрацювання якого та беручи до уваги затримки в позиціях p_8 і p_9 , встановлюється маркування $m^{4\alpha}$:

$$m_1^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_2^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_3^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle,$$

$$m_4^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_6^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle,$$

$$m_7^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_8^{4\alpha''} = \langle 26, 53, 96, 127 \rangle,$$

$$m_9^{4\alpha''} = \langle 27, 55, 99, 130 \rangle, m_{10}^{4\alpha''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle.$$

Це маркування відповідає успішному доступу користувача до інформаційного ресурсу.

Розглянемо альтернативний варіант, за яким після досягнення маркування m^3 активним буде перехід t_7 , а потім послідовно спрацює перехід t_8 . У результаті буде отримане маркування $m^{8\beta}$:

$$m_1^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_2^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_3^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle,$$

$$m_4^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_5^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_6^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle,$$

$$m_7^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_8^{8\beta''} = \langle 18, 34, 62, 81 \rangle,$$

$$m_9^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle, m_{10}^{8\beta''} = \langle 0, 0, 0, 0 \rangle.$$

За такого маркування користувачу буде відмовлено в доступі до інформаційного ресурсу та буде надано повідомлення про причину відмови.

Таким чином, побудована нечітка часова мережа Петрі дозволяє дослідити процес дозволу чи заборони доступу користувача до інформаційних ресурсів та об'єктів певного контуру КІС. За допомогою цієї моделі було досліджено динаміку процесу автентифікації та ідентифікації користувача, контроль відповідності розмежування прав доступу та може бути визначено вплив окремих подій на час виконання процесу дозволу чи заборони доступу до об'єктів захисту.

Головною перевагою імовірнісних мереж Петрі є можливість моделювання як технічних, так і людиномашинних (соціотехнічних) систем. З їх допомогою є можливим моделювати як процес передачі інформації по каналах зв'язку, так і процес подолання зловмисником системи захисту комп'ютерної системи. У мережах Петрі допускається агрегування об'єктів і процесів. Це дозволяє при необхідності в рамках однієї моделі описувати різні об'єкти або процеси в різних масштабах. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. High-level Principles for Business Continuity, Basel, Switzerland, August 2006.
2. Murata M. Temporal Uncertainty and Fuzzy-Timing High-Level Petri Nets. Invited paper at the 17th International

Conference on Application and Theory of Petri Nets / M. Murata. – Osaka, Japan, LNCS Vol. 1091, 1996. – P. 11-28.

3. Кульба В. В. Модифицированные сети Петри / В. В. Кульба и др. – М.: ИПУ, 1991. – 45 с.

4. Язов Ю. К. Основы методологии количественной оценки эффективности защиты информации в компьютерных системах / Ю. К. Язов. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2006. – 274 с.

5. Кульба В. В. Модифицированные функциональные графы как аппарат моделирования сложных динамических систем / В. В. Кульба и др. – М.: ИПУ, 1995. – 43 с.

6. Котов В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – М.: Наука, 1984. – 160 с.

7. Zadeh, L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – № 8. – P. 338 – 353.

8. Zadeh L. A. On optimal control and linear programming / L. A. Zadeh, B. H. Whalen // IRE Trans. Automatic control, Ac-7, 1962. – P. 45 – 46.

9. Завгородний В. И. Управление информационными рисками предприятия / В. И. Завгородний. – М.: ИНИОН РАН, 2009. – 174 с.

REFERENCES

High-level Principles for Business Continuity., 2006.
Kulba, V. V. *Modifitsirovannyye seti Petri* [Modified Petri nets]. Moscow: IPU, 1991.

Kulba, V. V. *Modifitsirovannyye funktsionalnye grafy kak apparat modelirovaniia slozhnykh dinamicheskikh sistem* [The modified functional graphs as a tool for simulating complex dynamic systems]. Moscow: IPU, 1995.

Kotov, V. E. *Seti Petri* [Petri nets]. Moscow: Nauka, 1984.
Murata, M. "Temporal Uncertainty and Fuzzy-Timing High-Level Petri Nets". *17th International Conference on Application and Theory of Petri Nets*. Osaka: LNCS, 1996. 11-28.

Yazov, Yu. K. *Osnovy metodologii kolichestvennoy otsenki effektivnosti zashchity informatsii v kompiuternykh sistemakh* [Fundamentals of quantitative methodology for evaluating the effectiveness of information security in computer systems]. Rostov-na-Donu: SKNTs VSh, 2006.

Zadeh, L. A. "Fuzzy Sets". *Information and Control*, no. 8 (1965): 338-353.

Zadeh, L. A., and Whalen, B. H. "On optimal control and linear programming" In *IRE Trans. Automatic control*, 45-46, 1962.

Zavgorodniy, V. I. *Upravlenie informatsionnymi riskami predpriiatiia* [Information Risk Management Company]. Moscow: INION RAN, 2009.