

2. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. - СПб.: Питер, 2001. -384с.

3. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: пер. с англ. / Уотермен Д. - М.: Мир, 1989. -388с.

4. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества / Гуткин Л.С. - м.: Радио, 1975. -367с.

5. Понкова Л.А. Организация экспертизы и анализа экспертной информации / Понкова Л.А., Петровский А.М., Шнейдерман Н.В. - М.: Наука, 1984-214с.

Рецензент: Шелест М.Є.

Надійшла 25.11.2011

УДК 004.9:517.978.2

Гришук Р. В.
ЖВІ НАУ

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНО-ІГРОВИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Проблема захисту інформації в сучасному високотехнологічному суспільстві є однією з кардинальних проблем сучасності. Захисту на сьогодні потребує практично будь-яка інформація, що становить цінність для її власника. Тому вибір тієї чи іншої системи захисту інформації (СЗІ) і відповідних механізмів захисту вимагає від експерта з інформаційної безпеки, крім власних знань та навичок, застосування відповідного методологічного апарату, що дозволить обґрунтовано обирати найефективнішу систему з великої кількості можливих альтернатив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що питанням дослідження ефективності СЗІ присвячено достатню кількість праць [1–8] та ін. За результатами аналізу встановлено, що сучасні методи оцінювання ефективності СЗІ можуть бути кількісними, якісними та кількісно-якісними. При цьому кожен з методів має недоліки, що суттєво обмежує сферу його застосування. До основних недоліків відомих методів можна віднести такі: не повною мірою враховуються показники надійності СЗІ, її ресурсні обмеження та рандомізоване походження факторів, що впливають на захищеність інформації тощо. Такі важливі питання, як потреба забезпечення гарантованого рівня захищеності інформації, системою взагалі не розглядаються, оскільки, як показано у [8], проблема синтезу гарантовано захищеної СЗІ породжує протиріччя між вимогами до гарантованості та принциповою неможливістю їх виконання. Також встановлено, що сучасна методологічна база оцінювання ефективності СЗІ характеризується певним ступенем суб'єктивізму процедур оцінювання. Проблемними й досі залишаються питання вибору відповідної системи показників та критеріїв оцінювання тощо.

Метою статті є синтез сучасного математичного інструментарію для створення достовірного методу оцінювання ефективності СЗІ, що усуває недоліки відомих методів.

Викладення основного змісту дослідження. В основу розроблюваного методу покладемо диференціально-ігровий підхід до моделювання процесів нападу на інформацію диференціальними перетвореннями [9] та метод вкладених скалярних згорток [10]. Необхідність застосування відповідного математичного інструментарію обумовлена рядом обставин:

по-перше, застосування диференціально-ігрового підходу і відповідного методу [9] відкриває можливості врахування динаміки процесів нападу на інформацію, що протікають в СЗІ, їх рандомізоване походження, а також адекватно відображає антагонізм інтересів суб'єктів інформаційного конфлікту – гравців (методів захисту інформації та методів несанкціонованого доступу). Антагонізм, породжений протиріччям інтересів і цілей гравців, є джерелом інформаційного конфлікту, який, у свою чергу, як системне явище характеризується структурними, динамічними та теоретико-ігровими властивостями, нехтувати жодною з яких неможливо;

по-друге, властивість адаптованості диференціальних перетворень [11], покладених в основу диференціально-ігрового методу Р-модельовання [9], до вибору форми модельовання підвищує ефективність методів синтезу складних динамічних систем, до яких відносять і СЗІ та процесів, що моделюються, а відсутність методичної похибки забезпечує адекватність моделей реальним процесам;

по-третє, застосування методу вкладних скалярних згорток [10] дозволяє оцінювати ефективність СЗІ за сукупністю критеріїв, походження яких має конфліктний характер. Результати оцінювання відкривають можливість вибору з великої кількості можливих альтернатив побудови СЗІ найефективнішу.

Зважаючи на обрану методологію диференціально-ігровий метод оцінювання ефективності СЗІ подамо сукупністю чотирьох послідовних кроків.

Крок 1. Диференціально-ігрова формалізація задачі оцінювання ефективності СЗІ.

Нехай множина станів, у яких може перебувати СЗІ, описується системою диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена загального вигляду [9]

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = f_i(t, I^*, P_i(t)), \quad i = 0, \dots, n, \quad (1)$$

де $P_i(t)$ – змінні стану процесу, що моделюється, n – вимірності фазового простору R_n , що характеризує процеси в області $P \in R_n$ з відповідним значенням ймовірності перебування СЗІ у даному стані; I^* – плата, що є критерієм ефективності СЗІ; $f_i = (f_0, \dots, f_n)$ – дійсні функції, визначені на прямому добутку $P \times I$ вказаних множин; t – часовий аргумент, що обмежений тривалістю інформаційного конфлікту (тривалістю атаки) T , $t \in [t_0, T]$ (t_0 – момент початку атаки).

Система (1) справедлива за дотримання умов нормування $\sum_{i=0}^n P_i(t) = 1$ та відповідних початкових умов $P_0(t_0) = \dots = P_{n-1}(t_0) = 0, P_n(t_0) = 1$.

Оцінюванню підлягає ефективність СЗІ – I^* , що є платою гравця захисту за досягнення відповідного показника ефективності системи.

Крок 2. Вибір та обґрунтування частинних критеріїв ефективності СЗІ.

Нехай ефективність СЗІ визначається ієрархічною системою векторів [10]:

$$I^{(j-1)} = \{I_S^{(j-1)}\}_{S=1}^{L^{(j-1)}}, \quad j \in [2, m], \quad (2)$$

де $I^{(j-1)}$ – вектор частинних критеріїв на $(j-1)$ -у рівні ієрархії, який виступає компонентою, на основі якої оцінюється ефективність СЗІ на j -у рівні; j – рівень ієрархії частинних критеріїв; $I_S^{(j-1)}$ – S -й частинний критерій $(j-1)$ -го рівня ієрархії, $S \in [1, L^{(j-1)}]$

($L^{(j-1)}$ – кількість частинних критеріїв, за якими оцінюється ефективність СЗІ на $(j-1)$ -у рівні ієрархії); m – кількість рівнів ієрархії.

Пріоритет кожної компоненти частинного критерію $(j-1)$ -го рівня ієрархії при оцінюванні θ -ї властивості j -го рівня, подібно до (2), становить собою систему векторів пріоритету:

$$\alpha_{S\theta}^{(j-1)} = \{\alpha_{S\theta}^{(j-1)}\}_{\theta=1}^{L^{(j)}}, \quad j \in [2, m], \quad (3)$$

які визначаються згідно з [10] як

$$\alpha_{S\theta}^{(j-1)} = \frac{f_{S\theta}}{\sum_{S=1}^{L^{(j-1)}} f_{S\theta}}, \quad \theta \in [1, L^{(j)}], \quad j \in [2, m], \quad (4)$$

де $\alpha_{S\theta}^{(j-1)}$ – S -а компонента вектора пріоритету критерію на $(j-1)$ -у рівні ієрархії при розрахунках ефективності θ -ї властивості j -го рівня; $f_{S\theta}$ – оцінка важливості S -ї властивості $(j-1)$ -го рівня ієрархії для θ -ї властивості j -го рівня, визначена експертом з інформаційної безпеки за шкалою балів. Виконання умови нормування (4) передбачає належність коефіцієнтів пріоритету α області визначення Γ_α , якою є симплекс

$$\Gamma_\alpha = \left\{ \alpha \mid \alpha_S \geq 0, \sum_{S=1}^L \alpha_S = 1 \right\}, \quad (5)$$

тобто $\alpha \in \Gamma_\alpha$.

Крок 3. Побудова ієрархічної моделі частинних критеріїв.

Виходячи з ієрархічної системи векторів (2) на третьому кроці здійснюється процедура виділення рівнів ієрархії частинних критеріїв з побудовою їх структурної схеми із зазначенням на ній взаємних зв'язків між ними. При цьому передбачається, що в разі потреби один і той же частинний критерій $(j-1)$ -го рівня може оцінювати декілька властивостей j -го рівня ієрархії.

Крок 4. Оцінювання ефективності СЗІ на основі методу вкладних скалярних згорток.

На четвертому кроці на основі методу вкладних скалярних згорток професора Вороніна А. М. [10] розраховуються кількісна I^* та визначається якісна оцінка ефективності СЗІ. Застосування даного методу передбачає здійснення ітераційної послідовності операцій зваженої скалярної згортки критеріїв кожного рівня ієрархії – від нижнього до верхнього:

$$\{I^{(j-1)} \rightarrow I^{(j)}\}, \quad j \in [2, m]. \quad (6)$$

При цьому задача пошуку ефективності всієї ієрархічної системи критеріїв (2) в цілому виражається задачею визначення скалярної згортки критеріїв на верхньому рівні ієрархії, тобто плата в диференціальній грі дорівнюватиме

$$I^* = I^{(m)}. \quad (7)$$

Коректність застосування рекурентного виразу (6) забезпечується застосуванням у методі вкладних скалярних згорток нелінійної схеми компромісів [12]. Забезпечення адекватності застосування нелінійної схеми компромісів обумовлюється необхідністю та достатністю виконання умов невід'ємності та обмеженості всіх частинних критеріїв (2):

$$0 \leq I_S < I_{S \max}, \quad I = \{I_{S \max}\}_{S=1}^L, \quad (8)$$

де I – вектор обмежень, а також їх мінімізації

$$I_S \rightarrow \min. \quad (9)$$

Тоді оцінка θ -ї властивості ефективності СЗІ на j -у рівні ієрархії із застосуванням обраної схеми компромісів матиме вигляд

$$I_{\theta}^{(j)}(\alpha_{\theta}^{(j-1)}, I_{0\theta}^{(j-1)}) = \sum_{s=1}^{L_{\theta}^{(j-1)}} \alpha_{s\theta}^{(j-1)} [1 - I_{0s\theta}^{(j-1)}]^{-1}, \theta \in [1, L^{(j)}], \quad (10)$$

де $I_{0s\theta}^{(j-1)}$ – компоненти нормованого вектора $I_0^{(j-1)}$, що застосовуються при оцінюванні θ -ї властивості альтернативи на j -у рівні ієрархії; $L_{\theta}^{(j-1)}$ – кількість альтернатив; $L^{(j)}$ – кількість властивостей, що оцінюються на j -у рівні. У виразі (10) всі критерії $(j-1)$ -го рівня нормовані згідно з виразом $I_{0s} = I_s / I_{s\max}$.

Нормування виразу (10), для відображення його суті згідно з рекурентним виразом (6) та його мінімізація, дозволяє перейти від виразу (10) до рекурентного виразу, що дозволяє отримувати кількісні оцінки ефективності СЗІ за обраними частинними критеріями на кожному з рівнів ієрархії:

$$I_{0\theta}^{(j)} = 1 - \left\{ \sum_{s=1}^{L_{\theta}^{(j-1)}} \alpha_{s\theta}^{(j-1)} [1 - I_{0s\theta}^{(j-1)}]^{-1} \right\}^{-1}, \theta \in [1, L^{(j)}], j \in [2, m], \quad (11)$$

де $I_{0\theta}^{(j)}$ – нормований частинний критерій при оцінюванні θ -ї властивості альтернативи на j -у рівні ієрархії, що мінімізується, $I_{0\theta}^{(j)} \in [0, 1]$.

Узгодження результатів оцінювання (11) з інтервальною оберненою нормованою фундаментальною шкалою надає можливість отримання якісної (лінгвістичної) оцінки альтернативи – ефективності СЗІ як на кожному з рівнів ієрархії, так і ефективності СЗІ в цілому.

Відома інтервальна обернена нормована фундаментальна шкала [12] потребує доопрацювання в напрямі її адаптації відповідно до станів СЗІ (1). Синтез інтервальної оберненої нормованої фундаментальної шкали [12] та станів СЗІ (1) дозволяє подати її у вигляді таблиці.

Таблиця

Інтервальна обернена нормована фундаментальна шкала оцінок ефективності систем захисту інформації

Інтервал оберненої нормованої фундаментальної шкали оцінок $I_{0\theta}^{(j)}$ (якісна оцінка)	Ефективність системи захисту інформації (кількісна оцінка)
абсолютно неефективна	1.0–0.7
недостатньо ефективна	0.7–0.5
ефективна	0.5–0.4
достатньо ефективна	0.4–0.2
абсолютно ефективна	0.2–0.0

Висновки та перспективи подальших досліджень. До сьогоднішнього дня в галузі захисту інформації диференціально-ігрова методологія оцінювання ефективності систем захисту інформації на основі методу вкладних скалярних згорток не застосовувалася, цим визначається її науковий пріоритет. У статті подано вперше розроблений диференціально-ігровий метод оцінювання ефективності СЗІ. Метод відрізняється від відомих технологією оцінювання ефективності, в основу якої покладено диференціально-ігровий підхід та метод вкладних скалярних згорток. Можливість

отримання кількісних та якісних оцінок ефективності СЗІ дозволяє оперативно вживати ефективні механізми захисту інформації як на етапі експлуатації системи, так і на етапі її проектування, при цьому гарантувати захищеність інформації в рамках визначених обмежень. Перевагою розробленого методу є відсутність обмежень на походження частинних критеріїв та їх кількість. Диференціально-ігровий аспект в оцінюванні ефективності СЗІ проявляється на першому та другому кроках розробленого методу, саме при формалізації задачі оцінювання ефективності та при виборі частинних критеріїв ефективності гравцем захисту. Перспективним напрямом подальших досліджень є проведення процедури оцінювання діючих та перспективних СЗІ за розробленим методом.

Література

1. Ленков С. В. Методы и средства защиты информации : монография [в 2-х т.] Т. 2. Информационная безопасность / С. В. Ленков, Д. А. Перегудов, В. А. Хорошко. – К. : Арий, 2008. – 344 с.
2. Кобозева А. А. Анализ информационной безопасности : монография / А. А. Кобозева, В. О. Хорошко. – К. : ДУІКТ, 2009. – 251 с.
3. Шматок С. О. Методика оцінки ефективності пакету заходів для захисту інформації / С. О. Шматок, В. Б. Міценко, Т. А. Вецицька [та ін.] // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. – К. : ЦНДІ ЗС України, 2007. – № 4. – С. 173–188.
4. Biskup J. Security in computing systems: challenges, approaches and solutions : monograph / J. Biskup. – Berlin : Springer, 2009. – 694 p.
5. Шаньгин В. Ф. Защита компьютерной информации. Эффективные методы и средства / В. Ф. Шаньгин. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 544 с.
6. Маслова Н. А. Методы оценки эффективности систем защиты информационных систем / Н. А. Маслова // Штучний інтелект. – Донецьк : ІІІ, 2008. – № 4. – С. 253–264.
7. Гарасимчук О. І. Оцінка ефективності систем захисту інформації / О. І. Гарасимчук, Ю. М. Костів // Вісник КНУ ім. М. Остроградського. – Кременчук : КНУ ім. М. Остроградського, 2011. – № 1 (66). – С. 16–20.
8. Harrison M. Protection in operations systems / M. Harrison, W. Ruzzo, J. Ullman // Communication of the ACM, 1976. – № 19 (8). – P. 461–471.
9. Грициук Р. В. Теоретичні основи моделювання процесів нападу на інформацію методами теорій диференціальних ігор та диференціальних перетворень : монографія / Р. В. Грициук. – Житомир : РУТА, 2010. – 280 с.
10. Воронин А. Н. Вложенные скалярные свертки векторного критерия / А. Н. Воронин // Проблемы управления и информатики. – 2003. – № 5. – С. 10–21.
11. Пухов Г. Е. Дифференциальные преобразования и математическое моделирование физических процессов : монография / Г. Е. Пухов. – К. : Наук. думка, 1986. – 160 с.
12. Воронин А. Н. Нелинейная схема компромиссов в многокритериальных задачах / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов // Information Science and Computing. – 2003. – P. 79–85.

Рецензент: Баранов Г.Л.

Надійшла 10.11.2011

УДК 004.68/3:68/32

Шатило Я. Л.
ГУНКТ

Цифровые методы обработки информационных сигналов при радиомониторинге

Введение

Развитие системы передачи, приема и обработки информации (СППОИ) как в нашей стране, так и за рубежом, свидетельствует о том, что основой научно-технического