

## ГЕОМЕТРИЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ПОШУКУ СІДЛОВОЇ ТОЧКИ ПРИ ДВОНАПРАВЛЕНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ ПРОТИСТОЯННІ

Протистояння в інформаційній сфері можна формалізувати, користуючись методологією теорії ігор, як матричну антагоністичну гру. Враховуючи невизначеність умов протистояння, природно шукати рішення, котре забезпечує певний результат при будь-яких діях суперника. Таке рішення, відоме як рівновага за Нешем, при геометричному представленні результатів зображується сідловою точкою на просторовій фігурі, котра представляє цільову функцію в залежності від ресурсів суперників. Пошук сідлової точки ускладнюється при різнонаправленому протистоянні, коли кожен із суперників в конкурентній боротьбі прагне захистити свою інформацію і здобути інформацію суперника. Запропоновано методіку рішення цієї задачі. Сутність методіки полягає в тому, що інформаційні об'єкти розбиваються на пари, і для кожної пари шляхом почергової оптимізації розподілу ресурсів кожним із суперників приходять до ситуації, коли подальше покращення ні одним із суперників неможливе. Ця процедура розповсюджується на пари об'єктів до моменту, коли нею будуть охоплені всі об'єкти. Наведено приклад застосування методіки з геометричною ілюстрацією покрокового пошуку рішення.

**Ключові слова:** інформаційна безпека, розподіл ресурсів, сідлова точка.

**Вступ.** Одним з основних завдань економічного менеджменту інформаційної безпеки є оптимізація розподілу ресурсів захисту інформації між окремими об'єктами. Рішення цієї задачі ускладнюється тим, що в інформаційній сфері протистояння відбувається зазвичай в умовах невизначеності, коли можливості, наміри, іноді й дії суперника нам невідомі. Конфлікт інтересів, котрий виникає при інформаційному протистоянні, підпадає під опис ситуацій, що виникають в теорії ігор [1]. Тому природно скористатися методологією теорії ігор і шукати таке рішення, котре забезпечує певний результат при будь-яких діях суперника. В економічній теорії ігор шукане рішення відповідає ситуації, котра відома як рівновага за Нешем[2]. В цій ситуації обидві сторони одночасно досягають оптимальних результатів і не зацікавлені в зміні своїх стратегій. В умовах антагоністичної гри, котра відображає інформаційне протистояння, оптимумсторони, котра захищає свою інформацію, відповідає мінімуму сідлової функції, однієї із сторін відповідає мінімуму цільової функції, яка визначає втрати інформації, а оптимум протилежної сторони — максимуму цієї функції. Якщо ці оптимуми співпадають, то ситуація зображується сідловою точкою [3], котра і ілюструє рівновагу за Нешем. Виявлення сідлових точок є важливим завданням при пошуку рішення поставленої задачі. В [4,5] показано, що можливість існування сідлової точки залежить від параметрів і характеристик інформаційної системи, її структури, а також умов протистояння. Основна увага приділена однонаправленому протистоянню, в якому всі зусилля направлені на захист власної інформації.

Разом з тим в умовах конкурентної боротьби протистояння відбувається в обох напрямках: кожна сторона прагне захистити свою інформацію і здобути інформацію суперника. Перехід до двонаправленого протистояння, а при наявності декількох конкурентів — різнонаправленого (комплексного) протистояння, суттєво розширює коло проблем, котрі виникають при проектуванні систем інформаційної безпеки. Кожна з сторін розв'язує низку задач, направлених на оптимізацію важливих показників, пов'язаних з виділенням і розподілом ресурсів. До таких показників відносяться:

- 1) загальна кількість ресурсів, виділених на захист власної інформації і здобуття інформації суперника;
- 2) співвідношення між кількістю ресурсів, виділених на захист і на здобуття інформації;
- 3) розподіл ресурсів між об'єктами захисту і об'єктами здобуття інформації.

Розв'язок цих задач залежить від кількості інформації, якою володіє кожна з сторін, її розподілу між об'єктами, їх вразливості, імовірності виділення певної кількості ресурсів протилежною стороною і їх розподілу між об'єктами. Критерієм оптимальності є досягнення

максимальної ефективності інвестиції в інформаційну безпеку, тобто максимальної сумарної вартості захищеної і здобутої інформації.

Перехід до різнонаправленого протистояння ускладнює умови досягнення сідлової точки і, відповідно, ускладнює її пошук. В [6] розроблено метод, котрий дає наочну геометричну інтерпретацію пошуку сідлової точки, і наведено приклад його застосування при однонаправленому протистоянні. Виникає потреба в аналізі причин ускладнення ситуації при переході до різнонаправленого протистояння.

**Мета роботи** — використання графоаналітичного метода для пошуку сідлової точки в умовах різнонаправленого протистояння.

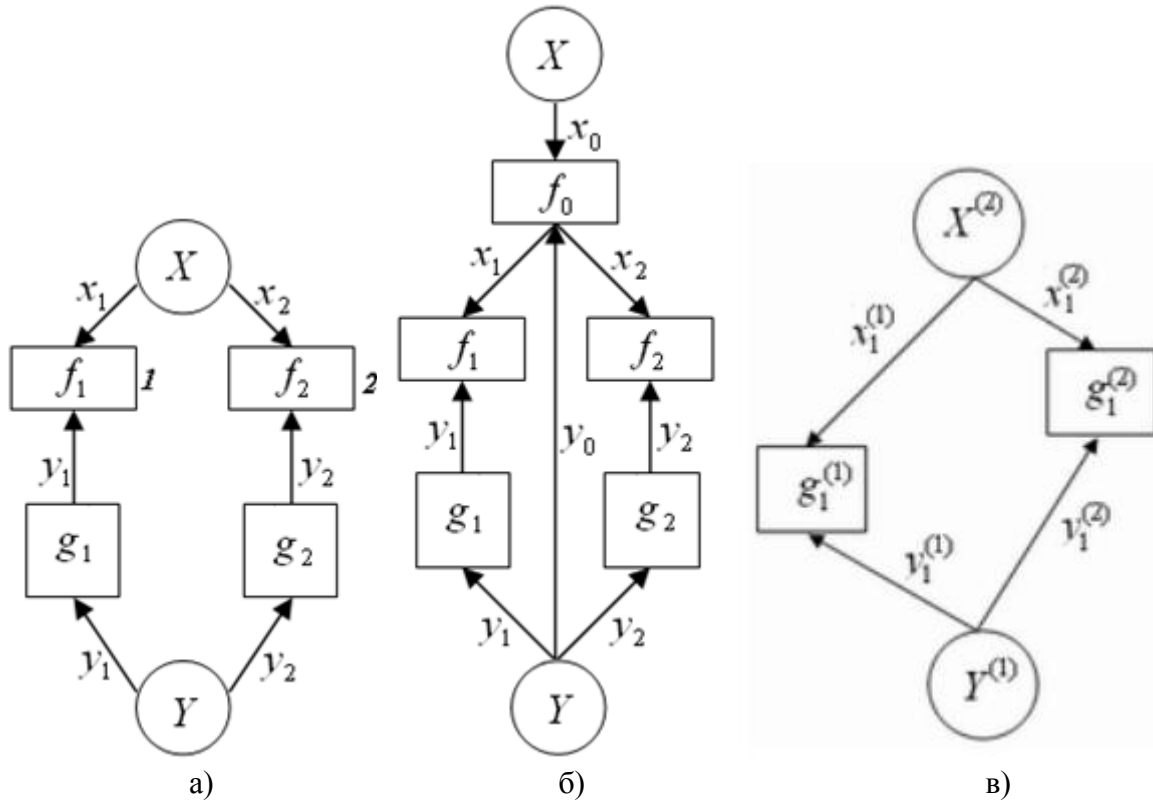


Рис.1. Спрощена структура інформаційних систем при різних формах протистояння.  
 а) однорівнева, однонаправлена система; б) дворівнева, однонаправлена система;  
 в) двонаправлена схема протистояння

**Методика розрахунків і результати.** Скористаємося математичною моделлю [6], відповідно до якої цільова функція визначає частку втраченої в системі інформації і має вигляд:

$$i(x, y) = \sum_{k=1}^l i_k(x, y) = \sum_{k=1}^l g_k \cdot p_k \cdot q_k(x, y) \cdot f_k(x, y) \quad (1)$$

де  $x$  і  $y$  – ресурси нападу і, відповідно, захисту;

$k = \overline{1, l}$  – номер об'єкта;

$g_k$  – відносна кількість інформації на  $k$ -му об'єкті;

$p_k$  – імовірність нападу на  $k$ -й об'єкт;

$q_k(x, y)$  – імовірність виділення нападом та захистом ресурсів  $x$  та  $y$ , відповідно, на  $k$ -ий об'єкт;

$f_k(x, y)$  – залежність частки вилученої інформації від ресурсів  $x$  та  $y$ .

Величини, що входять в (1) відносні:  $i(x, y)$ ,  $i_k(x, y)$ ,  $g_k$  віднесені до загальної вартості інформації,  $x$  і  $y$  — до вартості інформації на об'єкті.

Відповідно до моделі [6] вразливості об'єктів описуються дробово-степеневими функціями.

$$f_k(x, y) = \frac{\left(\frac{x}{y}\right)^{n_k}}{\left(\frac{x}{y}\right)^{n_k} + c_k}, \quad (2)$$

де параметри  $n_k$  і  $c_k$  виражають продуктивність витрат на  $k$ -му об'єкті.

На можливість існування сідлової точки впливають такі фактори:

- структура системи — однорівнева (рис.1,а) чи багаторівнева (рис.1,б);
- форма протистояння — однонаправлена (рис.1,б) чи різнонаправлена (рис.1,в);
- кількість  $l$  об'єктів (на рис.1 показано два об'єкти);
- вразливість об'єктів, тобто форма функції  $f_k(x, y)$  (для функції вразливості у формі (2) — значення параметрів  $n_k$  і  $c_k$ );
- розподіл  $\{g_k\}$  інформації по об'єктах.

В [4] встановлено, що сідлова точка може існувати лише при певних значеннях  $Z = \frac{X}{Y}$ .

Інтервал  $\Delta Z$  існування сідлової точки визначається наведеними факторами. В [5] розраховані величини  $\Delta Z$  при різних значеннях параметрів і різних умов протистояння. Систематизувавши одержані результати, можна сформулювати наступні висновки:

1. В однонаправленій системі з двома об'єктами (рис.1,а) при дробово-лінійних залежностях  $f_k(x, y)$  сідловка точка існує при всіх значеннях  $Z$ . Якщо хоч одна з залежностей  $f_k(x, y)$  має дробово-нелінійну форму, то інтервал  $\Delta Z$  стає обмеженим. При збільшенні вразливості об'єкта за рахунок зростання значення  $n$  або зменшення значення  $c$  інтервал  $\Delta Z$  звужується і зміщується в бік менших  $Z$ .
2. При ускладненні умов шляхом введення третього об'єкта в систему (рис.1,а), переходу до дворівневої системи (рис.1,б) або двонаправленого протистояння (рис.1,в) навіть при дробово-лінійних залежностях  $f_k(x, y)$  сідловка точка існує лише при певних значеннях  $Z$ . Залежність  $\Delta Z(n)$  якісно зберігає свій характер: при зростанні  $n$  інтервал  $\Delta Z$  звужується. Таким чином, будь-яке ускладнення системи або умов протистояння призводить до звуження інтервалу існування сідлової точки. Це можна пояснити тим, що в складній системі важче задовольнити умовам досягнення оптимуму одночасно для обох сторін. Однак, враховуючи, що реальні системи захисту інформації мають досить складну структуру, виникає потреба вивчити причину звуження інтервалу  $\Delta Z$ . З цією метою звернемося до графічної інтерпретації [5] розв'язку поставленої задачі.

Розглянемо однорідну структуру з двох конкуруючих сторін, кожна з яких містить два однакових об'єкти (рис.2).

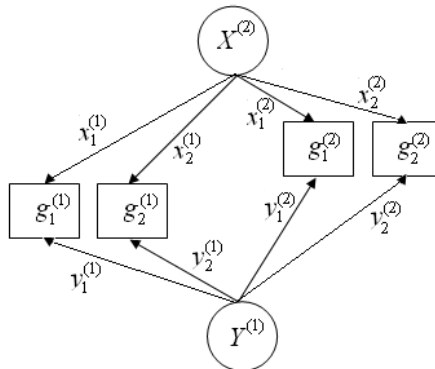


Рис.2. Схема комплексного протистояння

Через  $X$  та  $Y$  позначені ресурси суперників, нижній індекс позначає номер об'єкта, верхній – номер системи,  $g_k^{(m)}$  – частка інформації  $m$ -ї інформаційної системи, що міститься на  $k$ -му об'єкті:  $m = 1, 2$ ,  $k = 1, 2$ ,  $x_k^{(m)}, y_k^{(m)}$  – ресурси, виділені першою і другою стороною на відповідні об'єкти. В силу однорідності системи  $g_1^{(1)} = g_2^{(1)} = g^{(1)}$ ,  $g_1^{(2)} = g_2^{(2)} = g^{(2)}$ . Першою називаємо сторону, що володіє ресурсами  $Y$ , друга сторона володіє ресурсами  $X$ . Кожна із сторін протистояння захищає власну інформаційну систему і здобуває інформацію з системи суперника.

Цільова функція  $r(x, y)$  виражає сумарний інформаційний здобуток, що включає зменшення втрат інформації  $j(x, y)$  в результаті внесення інвестицій в об'єкти захисту та інформацію  $i(x, y)$ , здобуту з об'єктів суперника. Цільові функції  $r_1(x, y)$  для першої сторони і  $r_2(x, y)$  для другої мають вигляд:

$$r_1(x, y) = \sum_{k=1}^2 [j_k^{(1)}(x, y) + i_k^{(2)}(x, y)] \quad (3)$$

$$r_2(x, y) = \sum_{k=1}^2 [j_k^{(2)}(x, y) + i_k^{(1)}(x, y)] \quad (4)$$

Цільові функції приймають вигляд:

$$r_1(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sum_{k=1}^2 [g_k^{(1)}(1 - f_k^{(1)}(\tilde{x})) + g_k^{(2)}f_k^{(2)}(\tilde{y})] \quad (5)$$

$$r_2(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sum_{k=1}^2 [g_k^{(2)}(1 - f_k^{(2)}(\tilde{y})) + g_k^{(1)}f_k^{(1)}(\tilde{x})], \quad (6)$$

де  $x = \frac{x}{y}$ ,  $y = \frac{y}{x}$

Для спрощення запису в функціональних залежностях  $f(\tilde{x})$ ,  $f(\tilde{y})$  індекси при незалежній змінній не проставляємо, проте під  $\tilde{x}$ ,  $\tilde{y}$  необхідно розуміти відносні ресурси на об'єктах відповідних систем.

Основний вплив на результати розрахунків має форма залежностей  $f(\tilde{x})$ ,  $f(\tilde{y})$ . Задаємо їх у вигляді дробово-степеневих функцій [1]:

$$f(\tilde{x}) = \frac{\tilde{x}^n}{\tilde{x}^n + c}; \quad f(\tilde{y}) = \frac{1}{1 + c\tilde{y}^n}. \quad (6)$$

Параметри  $n$  і  $c$  виражають продуктивність витрат, тобто зменшення динамічної вразливості  $f(\tilde{y})$  або відповідне збільшення  $f(\tilde{x})$ . В наступних розрахунках використовуються такі форми функцій (приклад для першої сторони):

1) перша система (захист) (рис.2,а)

$$f_1^{(1)}(\tilde{x}) = \frac{\tilde{x}}{\tilde{x} + 2}; \quad f_2^{(1)}(\tilde{x}) = \frac{\tilde{x}^3}{\tilde{x}^3 + 8}; \quad (7)$$

2) друга система (напад) (рис.2,б)

$$f_1^{(2)}(\tilde{y}) = \frac{1}{1 + 8\tilde{y}^2}; \quad f_2^{(2)}(\tilde{y}) = \frac{1}{1 + 16\tilde{y}^3}. \quad (8)$$

Параметри  $n$  і  $c$  у (7), (8) вибрано довільно – з метою максимально виразного представлення результатів.

В силу однорідності структури розподіл інформації по об'єктах є рівномірним:  
 $g_1^{(1)} = g_2^{(1)} = 0,25$ ,  $g_1^{(2)} = g_2^{(2)} = 0,25$ ,  $g_1^{(1)} + g_2^{(1)} = g^{(1)} = 0,5$ ,  $g_1^{(2)} + g_2^{(2)} = g^{(2)} = 0,5$   
 $\sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 g_k^{(m)} = 1$ .

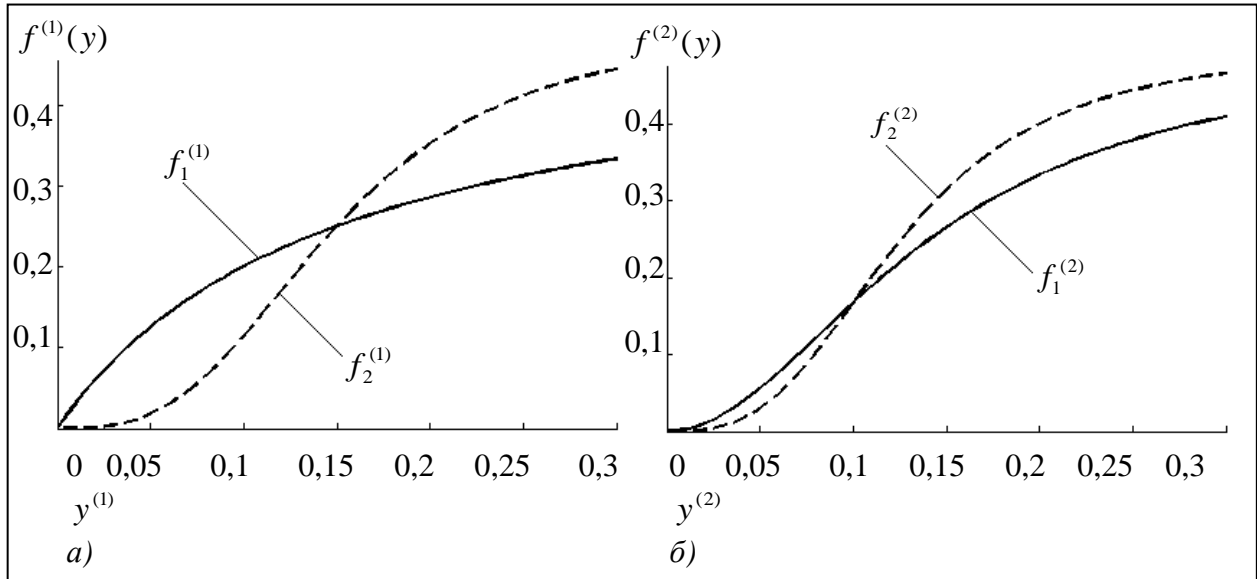


Рис. 3.Форми залежностей  $f_k^{(m)}(x)$

В розгорнутому виді цільові функції мають вигляд:

$$r_1(\tilde{x}, \tilde{y}) = g^{(1)} - g_1^{(1)} \frac{\tilde{x}_1}{\tilde{x}_1 + 2} - g_2^{(1)} \frac{\tilde{x}_2^3}{\tilde{x}_2^3 + 8} + g_1^{(2)} \frac{1}{1 + 8\tilde{y}_1^2} + g_2^{(2)} \frac{1}{1 + 16\tilde{y}_2^3} \quad (9)$$

$$r_2(\tilde{x}, \tilde{y}) = g^{(2)} - g_1^{(2)} \frac{\tilde{y}_1^2}{\tilde{y}_1^2 + 8} - g_2^{(2)} \frac{\tilde{y}_2^3}{\tilde{y}_2^3 + 16} + g_1^{(1)} \frac{1}{1 + 2\tilde{x}_1} + g_2^{(1)} \frac{1}{1 + 8\tilde{x}_2^3} \quad (10)$$

Основною метою є пошук кожною з сторін оптимального розподілу ресурсів, який забезпечуватиме максимальне значення величини відповідної цільової функції.

Для збільшення наочності пошуку та зрозумілості природи оптимального розв'язку використаємо геометричний підхід. Оскільки графічно можна зобразити лише функцію двох змінних, розіб'ємо систему на пари об'єктів та будемо проводити оптимізацію поетапно: спочатку для кожної пари, а потім на основі попередньо отриманого результату для системи загалом. Розглянемо оптимізацію розподілу ресурсів першої сторони.

**Eman№1** — розподіл ресурсів, направлених на захист об'єктів  $g_1^{(1)}$ ,  $g_2^{(1)}$  першої пари.

Розподіл ресурсів другої сторони на цьому етапі вважаємо рівномірним:  $y_1^{(1)} = y_2^{(1)} = 0,05$ .

Вразливості об'єктів описуються виразами (7). Загальну кількість ресурсів першої сторони прийmemo рівною  $X = 0,3$  і вважаємо, що всі вони можуть бути направлені на першу пару об'єктів, тобто  $X_{\max}^{(1)} = X$ .

Критерієм оптимуму є досягнення максимального значення

$i(x, y)$  при заданому значенні  $Y^{(1)} = y_1^{(1)} + y_2^{(1)} = 0,1$ . При збільшенні ресурсів  $Y^{(1)}$

оптимальний розподіл буде визначатися лінією найшвидшого підйому по просторовій фігурі

$j^{(1)}(y_1^{(1)}, y_2^{(1)})$  (рис.4,а), де верхні індекси по осі ординат опущені. Жирна лінія є

множиною оптимальних значень цільової функції при різних значеннях ресурсів  $Y$ . Для

знаходження розв'язку, тобто оптимального розподілу ресурсів між об'єктами, необхідно в

площині  $y_1 0 y_2$  провести пряму  $Y^{(1)} = y_1^{(1)} + y_2^{(1)}$ , що відповідає заданому значенню  $Y$ ,

потім через цю пряму провести площину, перпендикулярну площині  $y_1 O y_2$ . Точка перетину площини та лінії найшвидшого підйому дає в проекції на пряму  $Y^{(1)} = y_1^{(1)} + y_2^{(1)}$  оптимальний розподіл  $\{y_k\}$  ресурсів  $Y$ .

З рис.4,а можна проаналізувати динаміку розподілу ресурсів між об'єктами за умови збільшення загальної кількості ресурсів: спочатку вигідно вкладати інвестиції в перший, більш вразливий в початковій області об'єкт (відрізок  $AB$ ), а потім, при досягненні певного значення, коли вразливість другого об'єкта перевищує вразливість першого (точка перетину кривих на рис.3,а), стає доцільним перерозподілити ресурси, збільшуючи їх кількість на другому об'єкті за рахунок ресурсів першого (відрізок  $BC$ ), а далі збільшувати кількість ресурсів одночасно на обох об'єктах (відрізок  $CD$ ).

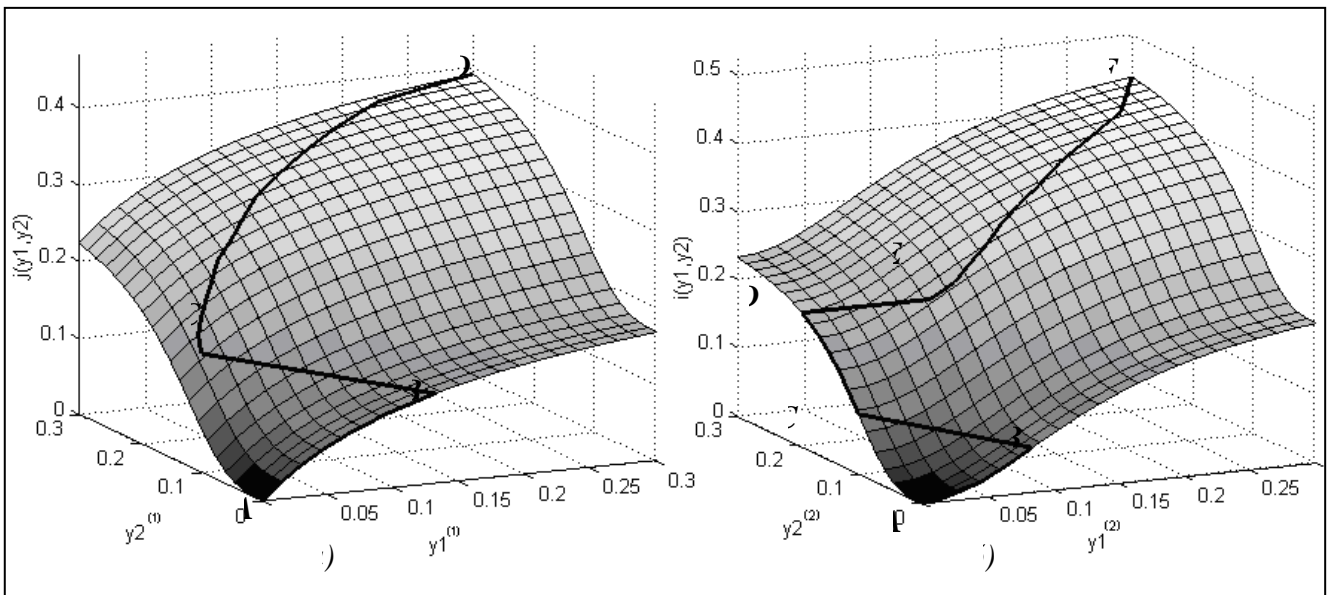


Рис. 4.Оптимальний розподіл ресурсів першої сторони:  
а) – під час захисту (перша система), б) – під час нападу (друга система).

**Етап №2** – розподіл ресурсів першої сторони, направлених на здобуття інформації з другої пари об'єктів  $g_1^{(2)}, g_2^{(2)}$  з вразливостями (8). Цільовою функцією цієї задачі є залежність  $i^{(2)}(y_1^{(2)}, y_2^{(2)})$ , що входить як доданок в функцію (1). Оптимальний розв'язок цієї залежності зображено жирною лінією на рис.4,б. При малих значеннях ресурсів  $Y^{(2)} = y_1^{(2)} + y_2^{(2)}$  всі ресурси доцільно направляти на перший об'єкт (відрізок  $AB$ ), оскільки в даній області вразливість об'єкта  $g_1^{(2)}$  більша ніж  $g_2^{(2)}$  (рис.3,б). При зростанні  $Y^{(2)}$  оптимальною стратегією є зосередження усіх ресурсів на другому об'єкті (відрізок  $CD$ ), потім їх перерозподіл на користь першого об'єкта ( $DE$ ) і нарешті розподіл між обома об'єктами.

На рис.5 зображено дві лінії найшвидшого підйому, що були отримані на першому та другому кроці і фактично є частинними розв'язками цільової функції (1).

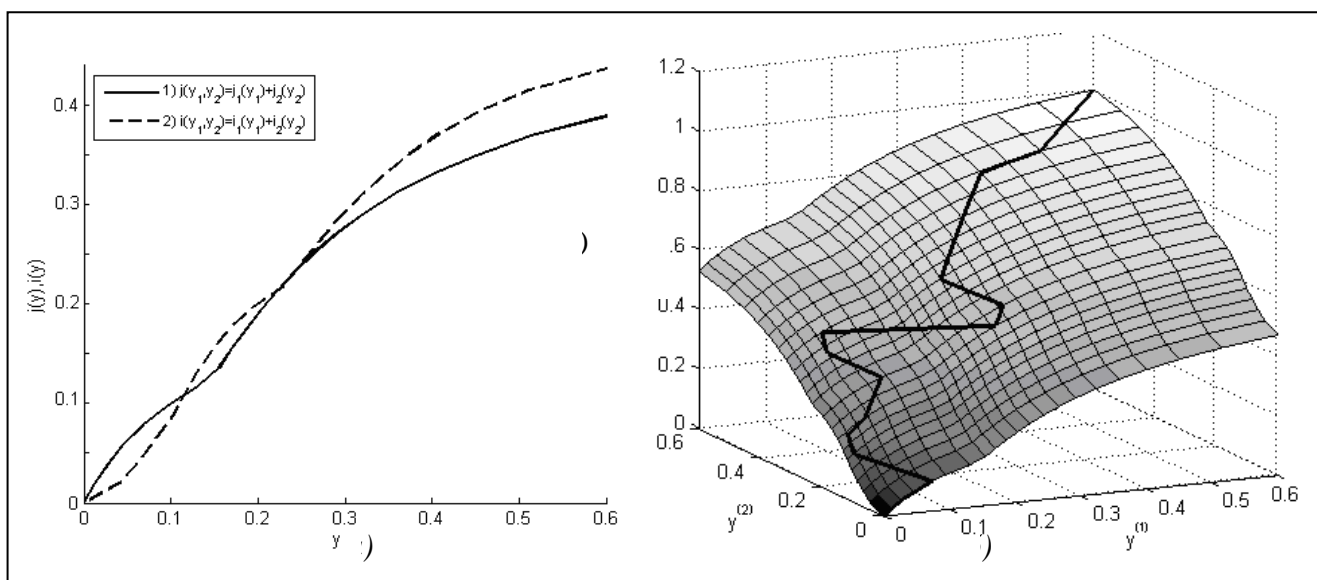


Рис. 5. Лінії найшвидшого підйому з рис.3 (а),  
б) Розв'язок цільової функції (1) для двох систем

**Етап №3** – оптимальний розв'язок для двох систем (об'єктів захисту і об'єктів нападу) на основі попередньо знайдених частинних розв'язків. Використовуючи одержані результати, об'єднаємо їх та графічним методом знайдемо оптимальний розподіл між об'єктами обох систем.

Взявши лінії оптимальності з рис.5,а і поклавши їх у якості ребер, побудуємо просторову фігуру (рис.5,б), що являє собою множину розв'язків цільової функції (1). Лінія найшвидшого підйому даної фігури являє собою множину розв'язків для обох систем, тобто оптимальний розподіл ресурсів першої сторони між двома системами – об'єктами захисту і нападу. Розподіл ресурсів між об'єктами кожної з систем дано на рис.3. Числові значення розв'язків  $r_1(x, y)$  для першої сторони (рис.5,б) наведено в табл.1.

Важливо відзначити, що нелінійність кривих оптимальності зростає при зростанні нелінійності складових цільової функції, що спричиняє збільшення кількості перерозподілів об'єму ресурсів між об'єктами системита самими системами. Після цього переходимо до другого кроку: знаючи розподіл ресурсів першої сторони, знаходимо оптимальний розподіл ресурсів  $\{x_k^{(m)}\}$  другої сторони. В термінології теорії ігор це позиційна гра з нульовою сумою і повною інформацією [3]. Покрокова оптимізація продовжується до моменту, коли наступний крок вже не може покращити результат, тобто збільшити значення цільової функції. Якщо це стосується цільових функцій обох сторін, то така ситуація відображає сідлову точку матричної гри. Ця точка визначає, можливо, не найкращий, проте гарантований результат для обох сторін.

Таблиця 1

Оптимальний розмір ресурсів систем протистояння.

Система 1

	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,13	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,08
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,13	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29
$j^{(1)}(y^{(1)})$	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,23	0,27	0,31	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,54

**Система 2**

$y_1^{(2)}$	0,00	0,04	0,07	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14
$y_2^{(2)}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17
$y^{(2)}$	0,00	0,04	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,23	0,25	0,27	0,29	0,32
$i^{(2)}(y^{(2)})$	0,00	0,04	0,09	0,13	0,17	0,22	0,26	0,31	0,35	0,39	0,44	0,48	0,52	0,57	0,61

**Загальний розв'язок**

$Y$	0,00	0,04	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,23	0,25	0,27	0,29	0,32
$r_1$	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70

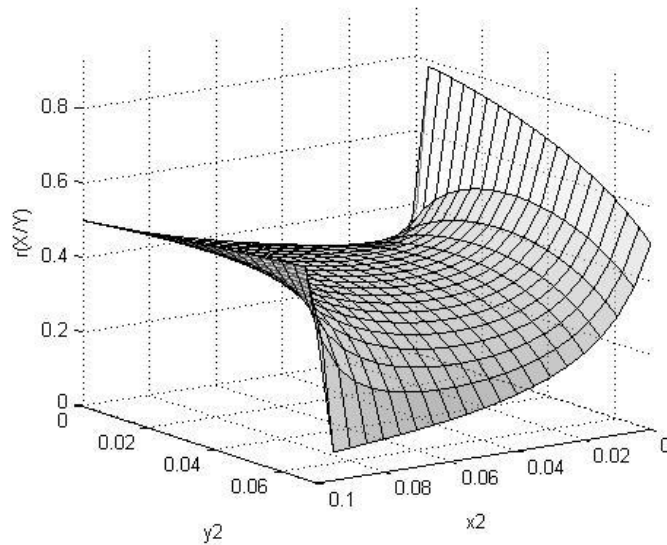


Рис.6. Графічне зображення появи сідлової точки при двонаправленому інформаційному протистоянні.

На рис.6 зображено вигляд цільової функції (9) для системи (рис.1,в) з двох об'єктів (по одному об'єкту для кожної із сторін). Функція (9) залежить від ресурсів  $x_1^{(2)}$  та  $y_1^{(2)}$ , виділених сторонами на об'єкт  $g_2$ . Загальна кількість ресурсів нападу  $X = 0.1$ , ресурсів захисту —  $Y = 0.07$ . Функції вразливості мають вигляд:

$$f_1^{(1)}(x, y) = \frac{\left(\frac{x}{y}\right)}{\left(\frac{x}{y}\right) + 2}, \quad f_1^{(2)}(x, y) = \frac{\left(\frac{y}{x}\right)}{\left(\frac{y}{x}\right) + 4}.$$

Варто відзначити, що зміна  $x_1^{(2)}$  або  $y_1^{(2)}$  обмежена загальною кількістю ресурсів сторін:  
 $y_1^{(2)} = Y - y_1^{(1)}, \quad x_1^{(2)} = X - x_1^{(1)}$

Методика пошуку оптимального розподілу ресурсів при різнонаправленому протистоянні принципово не відрізняється від однонаправленого. Геометричну інтерпретацію пошуку можна застосовувати в обох випадках, розділяючи всю систему на пари об'єктів, а потім групуючи пари у підсистеми. При різнонаправленому протистоянні однокроковий пошук оптимального розподілу між всіма об'єктами замінюється на процедуру багатокрокової оптимізації для пар об'єктів. Кількість варіантів розрахунку при цьому не змінюється, проте процес пошуку стає прозорішим і процедура розподілу ресурсів більш цілеспрямованою.



Оптимальний розподіл ресурсів при однаковій кількості об'єктів і зміні форми протистояння змінюється у зв'язку з тим, що кількість ресурсів, необхідних для захисту і для здобуття інформації, відрізняється: формально це пов'язано з тим, що в запропонованій моделі ресурси нападу  $x$  входять в чисельники дробів у функції вразливості, а ресурси захисту  $x$  — у знаменники.

### Висновки

Запропонована методика може бути застосована для розрахунку розподілу ресурсів в багаторівневих багаторубіжних системах. Реалізація режиму сідлової точки дає можливість забезпечити певні показники при різнонаправленому інформаційному протистоянні в умовах конкурентної боротьби.

### Література

1. Таха Х. Введение в исследование операций / Х. Таха. — М.: Вильямс, 2005. — 912с.
2. Вэриан Х. Микроэкономика / Х. Вэриан. — М.: Юнити. — 1997. — 767с.
3. Шишкин Е.В. Исследование операций / Е.В. Шишкин, Г.Е. Шишкина — М.: Проспект, 2006. — 208с.
4. Левченко Є.Г. Умови існування сідлової точки в багаторубіжних системах захисту інформації / Є.Г. Левченко, Р.Б. Прус, Д.І. Рабчун // Безпека інформації. — 2013. — №3. — С. 70-76
5. Левченко Є.Г. Вплив форми протистояння на оптимізацію процесу управління ресурсами захисту інформації / Є.Г. Левченко, Р.Б. Прус, Д.І. Рабчун // Безпека інформації. — 2013. — №3. — С. 218-223
6. Демчишин М.В. Графоаналітичний метод пошуку сідлової точки в ігрових задачах інформаційної безпеки / М.В. Демчишин, Є.Г. Левченко, Д.І. Рабчун // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2014. — №3. С.48-61.

Надійшла 25.11.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Барабаш О.В.