



DOI [10.28925/2663-4023.2021.11.615](https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.11.615)

УДК 330.322 : 351.746.1 : 007

**Ляхно Валерій Анатолійович**

д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем і мереж НУБіП України  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID: 0000-0001-9695-4543

[valss21@ukr.net](mailto:valss21@ukr.net)

**Ахметов Берик Бахитжанович**

к. т. н., професор, ректор університету Ш. Єсєнова  
Каспійський державний університет технологій і інжиніринга ім. Ш.Єсєнова, Актау, 32 мкр., Казахстан  
ORCID ID: 0000-0003-2860-2188

[lim4best@gmail.com](mailto:lim4best@gmail.com)

**Гусєв Борис Семенович**

к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж НУБіП України  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID: 0000-0003-1658-7822

[gusevbs@nubip.edu.ua](mailto:gusevbs@nubip.edu.ua)

**Блозва Андрій Ігорович**

к.пед.н., доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж НУБіП України  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-4377-0916

[andriy.blozva@nubip.edu.ua](mailto:andriy.blozva@nubip.edu.ua)

**Касаткін Дмитро Юрійович**

к.пед.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж НУБіП України  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-2642-8908

[d.kasatkin@nubip.edu.ua](mailto:d.kasatkin@nubip.edu.ua)

**Осіпова Тетяна Юрївна**

к.пед.н., доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж НУБіП України  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-9199-3436

[t\\_osipova@nubip.edu.ua](mailto:t_osipova@nubip.edu.ua)

## ПРОЦЕДУРА ІНВЕСТУВАННЯ В КІБЕРБЕЗПЕКУ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОФАКТОРНОСТІ І В НЕЧІТКІЙ ПОСТАНОВЦІ

**Анотація.** Показано, що застосування теорії багатокрокових ігор якості дозволяє здійснювати фінансування різних інформаційних технологій з урахуванням усіляких чинників. Зокрема, з огляду на велику кількість підходів до побудови ефективних систем інформаційної безпеки на підприємстві. Використання такої моделі дасть можливість розробляти на основі ігрових моделей систем підтримки прийняття рішень (СППР), наприклад, програмні продукти (ПП). Які, в свою чергу, дозволять приймати раціональні рішення по вкладенню фінансових коштів в розвиток таких технологій. Дана обставина обумовлює необхідність і релевантність розробки нових моделей і програмних продуктів, які здатні реалізувати процедури підтримки прийняття рішень в процесі пошуку раціональних стратегій інвестування, в тому числі, в сфері інформаційної безпеки підприємств і отримання прогнозової оцінки для можливості реалізації конкретної стратегії. Модель, запропонована нами, ґрунтується на аналізі процесу фінансування інвесторами в інформаційні технології для задач захисту інформації у випадку їх багатофакторності в нечіткій постановці. Запропоновано модель управління інвестиційним процесом, на прикладі інвестування в інформаційну безпеку об'єктів інформатизації з урахуванням багатофакторності і в нечіткій постановці для обчислювального ядра СППР. Відмінність



моделі від раніше розроблених, полягає в тому, що вона розглядає інвестиційний процес як складну структуру, для якої недостатньо її моделювання як однофакторної категорії. Виконано обчислювальні експерименти для розробленої моделі. Візуалізація результатів моделювання виконана на мові програмування Python, що дозволяє оптимізувати процедури управління інвестиційним процесом.

**Ключові слова:** інвестиції, оптимальні стратегії інвестування, підтримка рішень, багатокрокова гра, імітаційне моделювання, нечітка множина.

## ВСТУП

Успіхи в сфері ІТ [1]-[4] у великій мірі визначаються інвестиціями в цю сферу. Як уже зазначалося, в сфері завдань по визначенню стратегій інвестування виникають труднощі, викликані складністю розроблених моделей і підходів до вирішення, відсутністю інструментарію визначення фактичних значень при оцінюванні ризиків. Слід зазначити, що такі моделі мають високу складність, що в свою чергу, занадто ускладнює розробку алгоритмів і їх реалізацію, особливо в програмних продуктах, таких як системи підтримки прийняття рішень (СППР) [4], [5].

**Постановка проблеми.** Слід враховувати, що програмні продукти які використовуються в області розробки СППР в завданнях інвестування [4], [6], не дають можливості визначити раціональні стратегії та рекомендації інвестування КБ ОБІ. Ми вважаємо, що усунення даного недоліку можливе за рахунок застосування в СППР моделей, в основі яких лежить теорія багатокрокових ігор якості з декількома термінальними поверхнями [7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Представлений вище аналіз показує, що проблема подальшого розвитку моделей залишається релевантною, зокрема на базі теорії ігор, для СППР в задачах інвестування в інформаційні технології.

Подібні проекти характеризуються високим ступенем невизначеності і ризикованості [6]-[8], про що обізнані багато гравців (учасники) на ринку інвестицій в секторі ІТ (КБ зокрема). Останнє пов'язане з багатфакторністю і багатомірністю можливих раціональних стратегій інвестування.

Для підвищення результативності та ефективності оцінювання подібних проектів, необхідно впроваджувати потенціал різних комп'ютеризованих систем і СППР зокрема [7], [8].

Покладаючись на авторів публікацій [8], [9], під час аналізу моделей і алгоритмів, які використовуються для оцінки інвестиційних проектів в КБ ОБІ, доцільно використовувати не тільки традиційні методи і моделі [10]. Наприклад, в наукових працях [11]-[15] зазначається, що широко використовувані в СППР методи рідко підходять для синтезу прогнозних оцінок, які стосуються доцільності вибору інвестором раціональних стратегій вкладень особистих фінансових послуг і ресурсів в той чи інший проект КБ ОБІ.

Дана обставина обумовлює необхідність і релевантність розробки нових моделей і програмних продуктів, які здатні реалізувати процедури підтримки прийняття рішень в процесі пошуку раціональних стратегій інвестування, в тому числі, в сфері КБ ОБІ і отримання прогнозної оцінки для можливості здійснення конкретної стратегії.

**Мета статті.** Розробка моделі для систем підтримки прийняття рішень по вибору раціональних стратегій взаємного інвестування в кібербезпеку ОБІ з урахуванням багатфакторності даного процесу в нечіткій постановці.

**Основний матеріал статті.** Для вирішення проблеми розумного фінансування КБ ОБІ необхідно застосовувати вже перевірені методи знаходження розв'язання даної проблеми. Так, використання методів теорії ігор та, зокрема, методів багатокрокових ігор якості, є одним з найбільш ефективних підходів. При цьому в рамки схеми такої теорії добре вписується проблема фінансування КБ ОБІ залучення фінансових ресурсів (*FinR*) інвесторів. Застосування теорії багатокрокових ігор якості дозволяє здійснювати фінансування з урахуванням усіляких чинників. Зокрема, з огляду на множинність підходів до побудови ефективних систем КБ на підприємстві. Використання такої моделі дасть можливість розробляти на основі ігрових моделей СППР, наприклад, програмні продукти (ПП). Які, в свою чергу, дозволять приймати раціональні рішення по вкладенню фінансових коштів в розвиток таких технологій.

Модель, запропонована нами, ґрунтується на аналізі процесу фінансування інвесторами в інформаційні технології для випадку їх багатофакторності в нечіткій постановці.

Розроблена модель є продовженням робіт [7], [15] і базується на рішенні білінійної багатокрокової гри якості з декількома термінальними поверхнями.

Сформулюємо задачу. Два інвестори (гравці) керують динамічною системою в багатовимірному просторі, яка представляє собою білінійні дискретні (за часом) рівняння з залежними рухами.

Вказуються термінальні поверхні  $S_0, F_0$  і безлічі стратегій  $U$  і  $V$  гравців. Завдання першого гравця (надалі *Inv1*) полягає в тому, щоб привести динамічну систему за допомогою своїх стратегій управління на термінальну поверхню  $S_0$  як би не діяв другий гравець (надалі *Inv2*). Завдання другого гравця *Inv2* симетричне.

Будемо вважати, що в момент часу  $t=0$  у гравців 1 і 2 виділено, відповідно  $h(0) \in R_+^n$  і  $f^\xi(0) \in R_+^n$  фінансових ресурсів. Відбувається взаємодія гравців. Ця взаємодія буде описуватися як білінійна багатокрокова гра з одночасними ходами з нечіткою інформацією. На відміну від гри з повною інформацією першому гравцю точно не відомо початковий стан другого гравця, а відома інформація про те, що його стан належить нечіткій множині  $\{X, m(\cdot)\}$ , де  $X$  підмножина  $R_+^n$ ,  $m(\cdot)$  – функція приналежності стану  $f$  множині  $X$ ,  $m(f^\xi) \in [0,1]$  для  $f^\xi \in X$ .

При аналізі процесу взаємодії міркування виконані з позиції 1-го гравця, тобто про інформованість другого гравця ніяких припущень немає, що еквівалентно тому, що другий гравець володіє будь-якою інформацією. Кроки гравцями здійснюються одночасно.

Динаміка взаємодії задається наступною системою білінійних багатокрокових рівнянь з залежними рухами.

$$h(t+1) = B_1 \times h^+(t) + [(A_1 + R_1) - E] \times U(t) \times B_1 \times h^+(t) - [(A_2 + R_2) - E] \times V(t) \times B_2 \times f^{+\xi}(t);$$

$$f^\xi(t+1) = B_2 \times f^{+\xi}(t) + [(A_2 + R_2) - E] \times B_2 \times f^{+\xi}(t) - [(A_1 + R_1) - E] \times U(t) \times B_1 \times h^+(t);$$

де  $t=0,1, \dots$

$h(t) \in R^n, f^\xi(t) \in R^n, U(t), V(t)$  – квадратні діагональні матриці порядку  $n$  з додатними елементами  $u_i(t), v_i(t) \in [0,1]$ ;

$B_1, B_2$  – матриці перетворення ФР *Inv1* і *Inv2*, що є квадратними матрицями порядку  $n$  з позитивними елементами  $g_1^{ij}, g_2^{ij}$ , відповідно;



$A_1, R_1$  – діагональні матриці з додатними елементами, що відповідають процентній платі  $Inv2$  за фінансові інвестиції і долям повернення інвестицій  $Inv2$  по відношенню до інвестицій  $Inv1$  в КБ ОБІ ;

$A_2, R_2$  – діагональні матриці з додатними елементами, що відповідають процентній платі  $Inv1$  за фінансові інвестиції і долям повернення інвестицій  $Inv1$  по відношенню до інвестицій  $Inv2$  в КБ ОБІ ;

$E$  – одинична матриця;

$$x^+ = \begin{cases} x, x \geq 0; \\ 0, x < 0, x \in R; \end{cases}$$

Взаємодія закінчується при виконанні умов:

$$(h(t), f^\xi(t)) \in S_0, \text{ з достовірністю } \geq p_0, (0 \leq p_0 \leq 1) \quad (1)$$

$$(h(t), f^\xi(t)) \in F_0, \text{ з достовірністю } \geq p_0 \quad (2)$$

де

$$S_0 = \bigcup_{i=1}^n \{(h, f^\xi) : (h, f^\xi) \in R^{2n}, h \geq 0, f_i^\xi < 0\},$$

$$F_0 = \bigcup_{i=1}^n \{(h, f^\xi) : (h, f^\xi) \in R^{2n}, f^\xi \geq 0, h_i < 0\},$$

У разі виконання умови (1) вважаємо, що процедура фінансування в КБ ОБІ закінчилося. Це означає, що у  $Inv2$  не вистачило фінансових коштів для продовження процедури інвестування принаймні по одній з інформаційних технологій з достовірністю  $\geq p_0$ .

У разі виконання умови (2) також вважаємо, що процедура інвестування КБ ОБІ за скінчилося. Це також означає, що у  $Inv1$  не вистачило фінансових коштів для продовження процедури інвестування принаймні по одній з інформаційних технологій з достовірністю  $\geq p_0$ .

Якщо обидві умови (1) і (2) не виконуються, вважаємо, що процедура інвестування триває.

Вищезазначений процес розглянуто в рамках схеми позиційної багатокрокової гри якості з неповною інформацією.

Завдання першого гравця (далі  $Inv1$ ) привести динамічну систему за допомогою своїх стратегій управління на термінальну поверхню  $S_0$  як би не діяв другий гравець (далі  $Inv2$ ). Завдання  $Inv2$  симетричне.

Це означає, що генеруються два завдання, з точки зору першого гравця-союзника і з точки зору другого гравця-союзника [15].

У статті розглянута задача з точки зору першого гравця-союзника. Розв'язання завдання з точки зору другого гравця-союзника розглядатися не буде внаслідок симетричності.

Розв'язок полягає в побудові множин переваги гравців  $W_1$  і  $W_2$ , тобто множин початкових станів гравців і їх стратегій, які дозволяють об'єктам привести систему на ту, чи іншу поверхню.

Перший гравець в завданні 1 вважається гравець-союзник, другий гравець вважається гравець-противник. У задачі 2 навпаки - другий гравець вважається гравець-союзник, перший гравець - гравець-противник. Гравці зацікавлені в своїх інвестиціях в КБ ОБІ.

Завдання процедури взаємодії гравців за допомогою системи дискретних за часом рівнянь генерує в кожен момент часу  $t$  сукупність нечітких множин  $\{X_t, m_t(\cdot)\}$ , які



відображають процес переходу з початкових станів гравців в наступні при застосуванні гравцями керуючих впливів.

Передбачається, що першому гравцеві в кожен момент відомі  $t$  ( $t=0,1\dots$ ) його стану  $h(\tau)$  для  $\tau \leq t$ . При цьому виконуються наступні умови:  $h(\tau) \geq 0$ , якщо достовірність таких станів  $m_\tau(h(\tau)) \geq p_0$  і  $h(\tau) \notin R_+^n$ , якщо достовірність таких станів  $m_\tau(h(\tau)) < p_0$ , а також відомі величини реалізацій стратегії першого гравця  $U(\tau)(\tau \leq t)$ , що виділяються для взаємодії з другим гравцем.

Визначимо функцію

$$F(.) : X \rightarrow R_+, F(x) = \{ \sup m(y), \text{ для } y \leq x, x \in R_+^n \}.$$

Позначимо через  $\Phi$  - безліч таких функцій, через  $T^* = \{0,1,\dots\}$  - безліч натуральних чисел, включаючи нуль.

**Визначення.** Чистою стратегією  $U(.,.,.)$  першого гравця називається набір функцій  $u_i(.,.,.) : T^* \times R_+^n \times \Phi \rightarrow [0,1], (i = 1,\dots,n)$ , таких, що така, що  $u_i(t, z, F) \in [0,1], (z \in R_+^n, F \in \Phi)$ .

Другий гравець вибирає свою стратегію  $V(.)$  на підставі будь-якої інформації.

Перший гравець прагне знайти безліч своїх початкових станів, які мають наступну властивість.

*Властивість:* якщо гра почнеться з початкових станів, то перший гравець може вибором своєї стратегії  $U_*(.)$  забезпечити в один з моментів часу  $t$  виконання умови (1). При цьому дана стратегія, обрана гравцем 1, сприяє недопущенню другим гравцем виконання умови (2) у попередні моменти часу.

Безліч таких станів будемо називати *множиною переваг* першого гравця  $W_1$ , а стратегії першого гравця, що мають вказані властивості, будуть називатися його оптимальними стратегіями.

Мета першого гравця - знаходження множини переваги, а також знаходження його стратегій, застосовуючи які він отримає виконання умови (1).

Сформульована ігрова модель відповідає за класифікацією теорії прийняття рішень задачі прийняття рішень в умовах нечіткої інформації. Крім того, така модель є білінійною багатокроковою грою якості з декількома термінальними поверхнями з одночасними ходами. Знаходження множини переваг першого гравця і його оптимальних стратегій залежить від множини параметрів.

Для опису множини переваг першого гравця необхідно ввести ряд позначень і величин.

Визначимо множину  $C(p_0) = \{c(0) : F(c(0)) \geq p_0\}$ . Для будь-якого  $x \in R_+^n$  розглянемо множину  $L_x = \{z : z = l \times x, l \in R_+\}$ . Для будь-якого  $x \in R_+^n$  розглянемо множину  $Q(x, p_0) = C(p_0) \cap L_x$ ; Визначимо вектор  $\delta(x, p_0) : \delta(x, p_0) = \inf \{ \delta^* : \delta^* \in Q(x, p_0) \}$ . Розглянемо множину  $\Delta(p_0) = \{ \delta(p_0) : \exists x \in R_+^n : \delta(p_0) = \delta(x, p_0) \}$ .

Запишемо умови, які дають можливість знайти розв'язок гри, тобто множини «переваги»  $W_1$  і оптимальні стратегії  $Inv1$ . Ці умови будуть записуватись за допомогою матричних нерівностей.



- 1)  $(A_1 + R_1) - E > 0, (A_2 + R_2) - E > 0$ ; 2)  $(A_1 + R_1) - E > 0, (A_2 + R_2) - E \leq 0$ ;  
 3)  $(A_1 + R_1) - E \leq 0, (A_2 + R_2) - E > 0$ ; 4)  $(A_1 + R_1) - E \leq 0, (A_2 + R_2) - E \leq 0$ ;

Всі інші випадки співвідношень елементів даних матриць.

Введемо позначення.

$$Q_1 = (A_1 + R_1) \times B_1, D_1 = [(A_2 + R_2) - E] \times B_2;$$

$$F_1 = (A_2 + R_2) \times B_2, S_1 = [(A_1 + R_1) - E] \times B_1;$$

$$Q_{k+1} = Q_k \times \{Q_k + D_k \times S_k\} \times B_1, D_{k+1} = D_k \times \{F_k + Q_k \times D_k\} \times B_2;$$

$$F_{k+1} = F_k^2 + S_k \times D_k, S_{k+1} = S_k \times Q_k + F_k \times S_k.$$

За цими позначеннями, у випадку 1) множини переваги  $W_1$  визначаються наступним чином.

$$W_1 = \bigcup_{T=1}^{\infty} W_1^T;$$

$$W_1^E = \bigcup_{i=1}^n \{(h(0), \delta(p_0)) : (h(0), \delta(p_0)) \in R_+^{2n}, Q_1 \times h(0) \geq D_1 \times \delta(p_0), \dots, Q_T \times h(0) \geq D_T \times \delta(p_0), \\ \{F_T \times \delta(p_0) < S_T \times h(0)\}_i\} \setminus W_1^{T-1}.$$

Стратегією першого гравця, яка дає йому можливість досягти мети, буде  $U_*(j) = E$ , для  $j = 1, \dots, T$ . Для випадків 2)-5) множини переваг першого гравця і його оптимальні стратегії знаходяться аналогічно. Аналогічно знаходиться розв'язок задачі і з боку другого гравця-союзника.

Слід зазначити, що у визначенні множини переваг «бере участь» змінна  $\delta(p_0)$ , яка є елементом множини  $\Delta(p_0)$ . Однак, слід зауважити, що для побудови множини переваг можна використовувати і змінну  $s(0)$  з множини  $C(p_0)$ . Це може «зменшити» множину переваг першого гравця.

Для отримання результатів експериментальних розрахунків було використано мову програмування Python.

Результати моделювання множин переваги інвесторів представлені на рисунках 1-2, для багатовимірних випадків - 3, 4 і 5 змінних. Результати моделювання для двох змінних описані в роботах [7], [15].

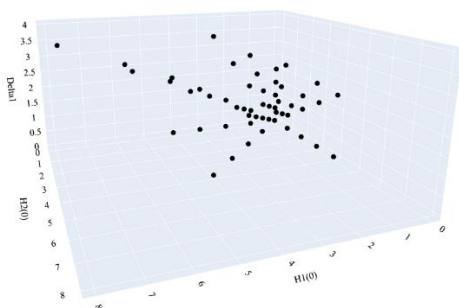


Рис. 1. Залежність множини переваги  $W_1$  для першого інвестора з 3-ма змінними

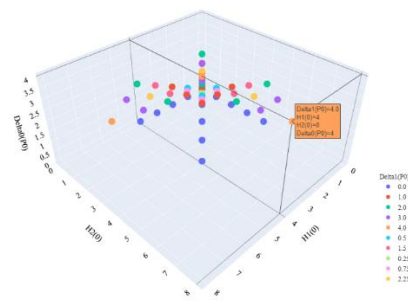


Рис. 2. Залежність множини переваги  $W_1$  для першого інвестора з 4-ма змінними

Отримані результати експериментальних обчислень показують ефективність запропонованого інструментарію для вирішення проблеми управління фінансовими ресурсами сторін з урахуванням багатофакторності в нечіткій постановці.

На рис. 1 наведена сукупність точок у тривимірному просторі, яка відображає наступну ситуацію. Наведено залежність фінансових ресурсів першого інвестора від змінної, яка характеризує ступінь достовірності процедури інвестування з заданим рівнем достовірності. Ступінь достовірності описується одновимірною змінною. Для кожної точки, що відповідає фінансовому ресурсу першого інвестора наведено значення змінної, що характеризує достовірність процедури інвестування. Слід зазначити, що графічна інтерпретація із зображенням множини точок на графіку відповідає моделі інвестування в якій передбачається, що перший інвестор може використовувати фінансові ресурси, які визначаються заданими наборами фінансових ресурсів. Ці набори можуть визначатися вибором конкретних інвестиційних програм.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Як на рис. 1 і рис. 2 наведені набори точок, що характеризують фінансові ресурси першого інвестора і змінні, що характеризують ступінь достовірності процедури інвестування. Суть інтерпретації і для рис. 2 і для рис. 1 залишається тією ж. Однак зауважимо, що вибір даного способу ілюстрації множини переваги першого інвестора дає можливість графічної ілюстрації в просторах більшої розмірності, ніж розмірності три. Дана обставина є позитивним і перспективним моментом для подальших досліджень.

### ПОДЯКИ.

Дослідження і стаття виконані в рамках гранту Республіки Казахстан реєстраційний номер AP08855887-OT-20 «Розробка інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень в процесі інвестування в системи кібернетичної безпеки».

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вибору раціональних стратегій інвесторами з урахуванням багатофакторності даної задачі в нечіткій постановці нами розроблена математична модель. В якості об'єкта дослідження, обрана задача фінансування коштів КБ компанії. Модель, представлена в статті, перш за все спрямована для практичного застосування в програмно-алгоритмічному блоці систем підтримки прийняття рішень (СППР). Проведене комп'ютерне моделювання стратегій інвесторів і їх множин переваги на основі розробленої моделі. Візуалізація результатів моделювання виконана на мові програмування Python, що дозволяє оптимізувати процедури управління інвестиційним процесом в КБ ОБІ.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Westerman & George. (2012). "The Digital Advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry". *MIT Sloan Management and Capgemini Consulting*, 2–23.
- 2 McArthur, D. (2002). Investing in digital resources. *New Directions for Higher Education*, 2002 (119), 77-86.
- 3 Andal-Ancion, A., Cartwright, PA, & Yip, GS (2003). The digital transformator of traditional businesses. *MIT Sloan Management Review*, 44 (4), 34-42.
- 4 Woodard, CJ, Ramasubbu, N., Tschang, FT, & Sambamurthy, V. (2013). Design capital and design moves: The logic of digital business strategy. *Mis Quarterly*, 537-564.



- 5 Hirt, M., & Willmott, P. (2014). Strategic principles for competing in the digital age. *McKinsey Quarterly*, 5 (1).
- 6 Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1 (1), 22-32.
- 7 Akhmetov, BS, Akhmetov, BB, et al. (2019). Adaptive model of mutual financial investment procedure control in cybersecurity systems of situational transport centers, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 435(3), 159 - 172.
- 8 Mithas, S., Tafti, A., & Mitchell, W. (2013). How a Firm's Competitive Environment and Digital Strategic Posture Influence Digital Business Strategy. *Mis Quarterly*, 37(2), 511-536.
- 9 Tiwana, A., & Ramesh, B. (2001). E-services: Problems, opportunities, and digital platforms. In *System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference* (pp. 8-pp). IEEE.
- 10 Mazzarol, T. (2015). SMEs engagement with e-commerce, e-business and e-marketing. *Small enterprise research*, 22(1), 79-90.
- 11 Sedera, D., Lokuge, S., Grover, V., Sarker, S., & Sarker, S. (2016). Innovating with enterprise systems and digital platforms: A contingent resource-based theory view. *Information & Management*, 53(3), 366-379.
- 12 Mohammadzadeh, AK, Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2018). A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. *Technology in Society*, (53), 124-134.
- 13 Selçuk, ALP, & Özkan, TK (2015). Job choice with multi-criteria decision making approach in a fuzzy environment. *International Review of Management and Marketing*, 5(3), 165-172.
- 14 Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10-36.
- 15 Akhmetov, BB, Lakhno, VA, Akhmetov, BS, & Malyukov, VP (2018). The Choice of Protection Strategies During the Bilinear Quality Game On Cyber Security Financing. *Bulletin of The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, (3), 6-14.



**Valerii A. Lakhno**

Dr. Tech. Sc., Professor, Head of the Department of Computer System and Networks  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0001-9695-4543  
*valss21@ukr.net*

**Berik B. Akhmetov**

Cand. Tech. Sc. (Ph.D), Professor, Rector of Yessenov university  
Caspian State University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov, Aktau, 32 microregion  
Main building Republic of Kazakhstan  
ORCID ID: 0000-0003-2860-2188  
*lim4best@gmail.com*

**Borys S. Husiev**

Cand. Tech. Sc. (Ph.D), Docent, Associate Professor at the Department of Computer System and Networks  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0003-1658-7822  
*gusevbs@nubip.edu.ua*

**Andrii I. Blozva**

Cand. Pedag. Sc. (Ph.D.), Associate Professor at the Department of Computer System and Networks  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0002-4377-0916  
*andriy.blozva@nubip.edu.ua*

**Dmytro Y. Kasatkin**

Cand. Pedag. Sc. (Ph.D.), Docent, Associate Professor at the Department of Computer System and Networks  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0002-2642-8908  
*d.kasatkin@nubip.edu.ua*

**Tetiana Y. Osypova**

Cand. Pedag. Sc. (Ph.D), Associate Professor at the Department of Computer System and Networks  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0002-9199-3436  
*t\_osipova@nubip.edu.ua*

## PROCEDURES FOR INVESTMENT IN CYBER SECURITY, TAKING INTO ACCOUNT MULTIFACTORITY AND FUZZY STATEMENT

**Abstract.** It is shown that the application of multi-step quality games theory allows financing of various information technologies considering various factors. In particular, there are lots of approaches to building effective information security systems in the enterprise. Using such model will make it possible to develop, based on game models, decision support systems (DSS), for example, software products (PP). Which, in turn, will allow making rational decisions on investing in the development of such technologies. This circumstance makes it necessary and relevant to develop new models and software products that can implement decision support procedures in the process of finding rational investment strategies, including in information security field of enterprises, and obtaining forecast assessment for feasibility of a specific strategy.

The model proposed by us is based on analysis of financing process by investors in information technology for protecting information tasks for the case of their multi-factoring in fuzzy setting.

The investment process management model is proposed, using the example of investing in the information security of informatization objects taking into account multi-factoring and in fuzzy setting for DSS computational core. The difference between the model and previously developed ones is that it considers the investment process as complex structure, for which it is not enough to model it as a single-factor category. Computational experiments were performed for the developed model. The simulation results are visualized in the Python programming language, which allows you to optimize the procedures for investment process managing.



**Keywords:** investments, optimal investment strategies, decision support, multi-step game, fuzzy set

## REFERENCES

- 1 Westerman & George. (2012). "The Digital Advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry". *MIT Sloan Management and Capgemini Consulting*, 2–23.
- 2 McArthur, D. (2002). Investing in digital resources. *New Directions for Higher Education*, 2002 (119), 77-86.
- 3 Andal-Ancion, A., Cartwright, PA, & Yip, GS (2003). The digital transformator of traditional businesses. *MIT Sloan Management Review*, 44 (4), 34-42.
- 4 Woodard, CJ, Ramasubbu, N., Tschang, FT, & Sambamurthy, V. (2013). Design capital and design moves: The logic of digital business strategy. *Mis Quarterly*, 537-564.
- 5 Hirt, M., & Willmott, P. (2014). Strategic principles for competing in the digital age. *McKinsey Quarterly*, 5 (1).
- 6 Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1 (1), 22-32.
- 7 Akhmetov, BS, Akhmetov, BB, et al. (2019). Adaptive model of mutual financial investment procedure control in cybersecurity systems of situational transport centers, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 435(3), 159 - 172.
- 8 Mithas, S., Tafti, A., & Mitchell, W. (2013). How a Firm's Competitive Environment and Digital Strategic Posture Influence Digital Business Strategy. *Mis Quarterly*, 37(2), 511-536.
- 9 Tiwana, A., & Ramesh, B. (2001). E-services: Problems, opportunities, and digital platforms. In *System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference* (pp. 8-pp). IEEE.
- 10 Mazzarol, T. (2015). SMEs engagement with e-commerce, e-business and e-marketing. *Small enterprise research*, 22(1), 79-90.
- 11 Sedera, D., Lokuge, S., Grover, V., Sarker, S., & Sarker, S. (2016). Innovating with enterprise systems and digital platforms: A contingent resource-based theory view. *Information & Management*, 53(3), 366-379.
- 12 Mohammadzadeh, AK, Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2018). A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. *Technology in Society*, (53), 124-134.
- 13 Selçuk, ALP, & Özkan, TK (2015). Job choice with multi-criteria decision making approach in a fuzzy environment. *International Review of Management and Marketing*, 5(3), 165-172.
- 14 Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10-36.
- 15 Akhmetov, BB, Lakhno, VA, Akhmetov, BS, & Malyukov, VP (2018). The Choice of Protection Strategies During the Bilinear Quality Game On Cyber Security Financing. *Bulletin of The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, (3), 6-14.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-noncommercial-sharealike 4.0 International License.