

УДК 519.68

Ю.О. ГУНЧЕНКО¹, О.В. СЕЛЮКОВ², С.А. ШВОРОВ³, О.М. ШИНКАРУК⁴¹ *Одеський національний політехнічний університет, Україна*² *Військовий інститут Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, Україна*³ *Національний університет біоресурсів природокористування Україна*⁴ *Хмельницький національний університет, Україна*

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛЮЮЧОЇ СИСТЕМИ В ЕЛЕКТРОННОМУ ТИПІ

Запропоновано методичний апарат побудови та застосування тренажерно-моделюючої системи (ТМС) в електронному типі, за допомогою якого забезпечується інтенсивна підготовка фахівців підрозділів спеціального призначення до необхідного рівня навченості при мінімальних часових та вартісних витратах. Сформульовано концептуальні основи побудови та організації функціонування ТМС. Розглянуто методичні основи синтезу ТМС. Наведено показники ефективності ТМС, що визначаються за допомогою теоретико-експериментального методу на основі використання експериментальних макетів системи, моделей функціонування ТМС та спеціальних методик оцінки ефективності. Запропоновано раціональний варіант побудови ТМС на базі дистанційно керованої комп'ютерної мережі.

Ключові слова: методичний апарат, тренажерно-моделююча система, електронний тип, синтез, параметри, система інтенсивного навчання.

Вступ

Поява новітніх інформаційних технологій і створення на їх основі тренажерно-моделюючих систем (ТМС) по суті означає новий якісний стрибок у вогневій підготовці фахівців спецпідрозділів (ФСП). Побудова та впровадження сучасних ТМС пов'язані з великими капітальними вкладеннями як на розробку проектів та виконання експериментальних робіт, так і на придбання та використання технічних засобів електронного типу (ЕТ). Тому доцільності впровадження ТМС спеціального призначення має передувати всебічне обґрунтування. Важливим завданням початкового етапу проектування ТМС є формування функціональної структури та оптимізація технічного обліку системи. При цьому виникає необхідність в обґрунтуванні раціонального варіанта побудови ТМС на основі рішення задачі багатокритеріального параметричного синтезу [1].

Мета досліджень – розвиток методичного апарату побудови та застосування тренажерно-моделюючої системи електронного типу.

Матеріал та методика досліджень. Для раціонального варіанта побудови ТМС виникає необхідність у вирішенні наступних груп наукових задач:

1. Формулювання концепції побудови та організації функціонування ТМС.

2. Розробка методичних основ параметричного синтезу ТМС.

При вирішенні наукових задач **першої групи** визначається: мета функціонування ТМС і розв'язувані нею задачі; умови функціонування.

Основні поняття теорії побудови ТМС базуються на категоріях загальної теорії систем. При цьому ТМС ЕТ являє сукупність засобів відображення тактичної обстановки (ЗВО) та імітаторів стрілецької зброї, об'єднаних ієрархічними, інформаційними, керуючими зв'язками обчислювальної мережі ТМС.

Для задач першої групи характерні такі два етапи проведення досліджень. На першому етапі необхідно побудувати концептуальну модель функціонування ТМС, а на другому етапі, на базі прийнятої концептуальної моделі, будується математична модель динамічного дискретно-керованого процесу, в якому: об'єктом керування є ЗВО, керованими параметрами – показники якості діяльності ФСП, керуючими впливами – навчальні завдання (НЗ). Також розробляється система показників і методика оцінки ефективності функціонування ТМС. Результатом аналізу, проведеного в рамках теорії побудови ТМС, є моделі процесів їхнього функціонування і закономірності, що властиві цим процесам та системі взагалі. У цьому і є пізнавальна цінність аналізу.

Прикладна його цінність обумовлена використанням результатів для постановки задачі синтезу.

У **другій групі** задач теорії побудови ТМС однією з основних є задача їх оптимального синтезу, яка спрямована на вибір раціонального варіанта побудови системи, що найкраще пристосована для виконання заданих функцій.

Методика вирішення задачі параметричного синтезу ТМС включає такі основні етапи. По-перше – визначаються показники ефективності кожного із варіантів побудови ТМС на множині умов функціонування системи для вибору найкращих із них. На другому етапі методики вирішується задача класифікації ситуацій за ознакою задоволення прийнятним обмеженням [2]. Під ситуацією в багатомірному факторному просторі розуміється варіант рішення, а також варіант умов його реалізації. Для кожної точки ситуації проводиться розрахунок показників ефективності і порівняння отриманих значень з припустимими. Для звуження множини варіантів рішень на третьому етапі застосовується принцип оптимізації по Парето, що виділяє припустиму Парето-ефективну множину рішень [3]. Подальше звуження множини варіантів рішень пов'язане з концептуальним вибором такого варіанта побудови ТМС із всієї множини, який забезпечує достатньо високий (необхідний) рівень показників цільової та економічної ефективності. При цьому оптимальне рішення дозволяє визначити діапазон припустимих значень параметрів ТМС по виконанню поставлених завдань.

У практиці досліджень з обґрунтування перспектив розвитку складних систем отримала широке поширення тріада критеріїв:

- імовірність (P) підготовки ФСП до необхідного рівня (P_n);

- вартість системи (f_1);

- час виконання завдань (f_2).

У процесі вибору раціонального варіанта ТМС перевага віддається такому варіанту побудови системи, який має мінімальну вартість (f_1) та забезпечує виконання поставлених завдань (P) у повному обсязі (P_n) при мінімальних часових витратах (f_2):

$$\begin{aligned} P &\geq P_n; \\ f_1 &\rightarrow \min; \\ f_2 &\rightarrow \min. \end{aligned} \quad (1)$$

На початковому етапі проектування складних систем навчання, як правило, користуються обмеженим набором основних технічних характеристик (параметрів) ТМС. Розширення цього переліку здійснюється з урахуванням специфіки розроблюваної концепції, а також з урахуванням характеристик, що

здійснюють істотний вплив на критеріальні показники. Для кількісної оцінки ступеня задоволення вимог, що пред'являються до ТМС, доцільно виділити показники, які характеризують повноту та якість відпрацювання НЗ (y_1), а також повноту та якість імітації дії стрілецької зброї (y_2).

Показник y_1 розраховується за формулою

$$y_1 = \sum_{i=1}^s \alpha_i \cdot k_i \cdot \frac{T_i}{M_i}, \quad (2)$$

де α_i – коефіцієнт, що характеризує значимість операцій НЗ і-го типу (у більшості випадків це очікувана частота виконання операцій і-го типу),

$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$; k_i – коефіцієнт, що характеризує якість

виконання операцій і-го типу; m_i – число реалізованих ФСП операцій і-го типу досліджуваної ТМС за період виконання поставленого завдання; M_i – потрібне число операцій і-го типу, яке повинно бути реалізовано ФСП у процесі виконання поставленого завдання; s – кількість типів операцій, необхідних для виконання поставлених завдань.

Для розрахунку показника (2) складається перелік усіх типів операцій, які підлягають виконанню. Цей перелік має враховувати повний діапазон усіх можливих подій, що прогножуються в ході роботи ФСП.

Показник повноти і якості імітації стрільби розраховується за формулою

$$y_2 = \sum_{i=1}^r q_i l_i \frac{n_j}{N_j}, \quad (3)$$

де r – кількість типів функцій, які повинні виконуватись ТМС; q_i – коефіцієнт, що характеризує ступінь відповідностей функцій і-го типу необхідним; l_i – коефіцієнт, що характеризує вагу функції і-го типу (у більшості випадків це очікувана частота викорис-

тання і-ої функції), $\sum_{i=1}^n l_i = 1$; n_i – число реалізова-

них функцій і-го типу за певний час; N_i – загальна кількість реалізацій функцій і-го типу, що необхідна для виконання поставлених завдань.

Для обґрунтування вимог до вищевказаних показників на основі рішення багатокритеріальної задачі оптимізації (1) скористаємося наступним підходом [3]. Усі можливі варіанти побудови ТМС формально описуються координатами точки в багатомірному просторі параметрів. Кожній точці цієї області (тобто варіанту ТМС) ставляться відповідні числові значення вказаних показників ефективності

(1). Визначення показників ефективності здійснюється за допомогою теоретико-експериментального методу на основі використання експериментальних макетів системи, спеціальних методик оцінки ефективності та моделей функціонування ТМС. Знайдені критеріальні функції відображають залежність i -го показника ефективності від досліджуваних параметрів системи (y_1, y_2). Аналіз впливу різних параметрів на показники ефективності та виявлення основних закономірностей і прихованих чинників, що впливають на ефективність варіантів ТМС, проводиться методами прикладного статистичного аналізу.

У результаті обчислювальних експериментів формується сукупність числових значень параметрів і показників ефективності, яка утворює базу даних для пошуку і вибору раціональної концепції побудови перспективної ТМС. Основна ідея пошуку такої концепції полягає у використанні наступного принципу: раціональний варіант побудови ТМС слід шукати поблизу точок вибіркової множини, що мають досить високий рівень показників цільової та економічної ефективності. Таким чином, задані критеріальні функції носять чітко виражений вартісний (часовий) характер і визначаються в класі квадратичних поліномів, методи дослідження яких добре відомі [3].

Нехай ТМС описується двома параметрами y_1 і y_2 , а порівняння можливих варіантів ТМС здійснюється за двома критеріями f_1 і f_2 , які правомірно можна застосовувати в усьому діапазоні зміни параметрів y_1 і y_2 .

$$\begin{aligned} f_1 &= A_0^1 + 2A_1^1 y + y^T A_2^1 y, \\ f_2 &= A_0^2 + 2A_1^2 y + y^T A_2^2 y, \end{aligned} \quad (4)$$

де $A_0^1 = [\alpha_{00}^1]$; $A_0^2 = [\alpha_{00}^2]$; $A_1^1 = [\alpha_{01}^1 \alpha_{02}^1]$; $A_1^2 = [\alpha_{01}^2 \alpha_{02}^2]$ – вільні члени апроксимуючого полінома, а також вектора апроксимуючих коефіцієнтів при перших ступенях параметрів; $A_2^1 = \begin{bmatrix} \alpha_{11}^1 & \alpha_{12}^1 \\ \alpha_{12}^1 & \alpha_{22}^1 \end{bmatrix}$; $A_2^2 = \begin{bmatrix} \alpha_{11}^2 & \alpha_{12}^2 \\ \alpha_{12}^2 & \alpha_{22}^2 \end{bmatrix}$ – симетричні позитивно визначені матриці квадратичної форми, які складаються з апроксимуючих коефіцієнтів при других ступенях параметрів ТМС; $y = [y_1 y_2]^T$ – вектор параметрів системи.

Тут і надалі верхні індекси коефіцієнтів відповідають порядковому номеру приватного критерію, а нижні – номеру параметра ТМС.

Використовуючи правила матричного диференціювання, маємо

$$\begin{aligned} \frac{df_1}{dy} &= \left[\frac{df_1}{dy_1} \frac{df_1}{dy_2} \right] = 2A_1^1 + y^T A_2^1; \\ \frac{df_2}{dy} &= \left[\frac{df_2}{dy_1} \frac{df_2}{dy_2} \right] = 2A_1^2 + y^T A_2^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Координати безумовних екстремумів критеріальних функцій f_1 та f_2 визначаються таким чином:

$$\begin{aligned} \frac{df_1}{dy} = 0 &\Leftrightarrow 2A_1^1 + y^T A_2^1 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \text{opt } y_1^T = -2A_1^1 (A_2^1)^{-1}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\frac{df_2}{dy} = 0 \Leftrightarrow 2A_1^2 + y^T A_2^2 = 0 \Rightarrow \text{opt } y_2^T = -2A_1^2 (A_2^2)^{-1}.$$

Відповідно до критерію Сильвестра з позитивної визначеності симетричних матриць A_1^1 та A_2^2 виходить, що $a_{11}^1 > 0$, $a_{22}^2 > 0$. Отже $\frac{d^2 f_i}{dy_i^2} > 0$ і безумовні екстремуми критеріальних функцій f_i є мінімуми. Причому, відповідно до цього ж критерію матриці A_1^1 та A_2^2 невідроджені, тобто рішення (6) існує і єдине [3].

Таким чином, варіанти ТМС зі знайденими характеристиками, які відповідають точці А (opt y_1^1 ; opt y_2^1) і точці В (opt y_1^2 ; opt y_2^2) є оптимальними за критеріями f_1 та f_2 відповідно, якщо вони належать області допустимих рішень. У тому випадку, коли точки А або В не належать області допустимих рішень, необхідно провести пошук раціонального варіанта системи в області існування паретооптимальних ТМС. Для нашого випадку паретооптимальна лінія АВ (між т. А і т. В) знаходиться всередині області, обмеженої головними осями невідроджених сімейств ліній другого порядку f_1 і f_2 . При повороті координатних осей завжди можна добитися їх паралельності головним осям сімейства f_2 . Тому в повернутій системі координат чисельне значення змінної y_1 завжди буде знаходитися в діапазоні [opt y_1^1 , opt y_1^2]. Крім того, при використанні ще й перетворень системи координат, що «розтягуються», чисельні значення усіх паретооптимальних змінних Z_j знаходяться всередині багатомірної паралелепіпеда [opt Z_j^1 , opt Z_j^2], $\forall j = [1, q]$. Будь-якому значенню Z_1 (що знаходиться в діапазоні [opt Z_1^1 , opt Z_1^2]) відповідає цілком конкретне значення Z_2 (яке знаходиться в діапазоні [opt Z_1^1 , opt Z_1^2]), що забезпечує точки з координатами (Z_1, Z_2) властивість належати

області рішень, ефективних по Парето:

$$\forall \{Z_1 \mid Z_1 \in [\text{opt } Z_1^1, \text{opt } Z_1^2]\} \exists \{Z_2 \mid Z_2 \in [\text{opt } Z_2^1, \text{opt } Z_2^2]\} \Rightarrow (Z_1, Z_2) \in \Pi(Y),$$

де $\Pi(Y) \in H$ – область паретооптимальних рішень.

При цьому чисельне значення критеріїв у будь-якій точці допустимого перетвореного простору параметрів визначається за формулами

$$\begin{aligned} f_1 &= \sum_{j=1}^2 (Z_j - Z_{0j})^2 + k_1, \\ f_2 &= \sum_{j=1}^2 \lambda_j Z_j^2 + k_2, \end{aligned} \quad (8)$$

де Z_j – змінні в новій системі координат; Z_{0j} – координати центру критеріальної гіперсфери; λ_j – власні значення квадратичної форми f_2 ; k_1 – екстремальне значення критерію f_1 у центрі гіперсфери; k_2 – екстремальне значення критерію f_2 в центрі гіпереліпсоїда ($Z_{0j}=0$) [3].

Знаючи координати центру сімейства гіперсфери (Z_{0j}), власні значення квадратичної форми $f_2(\lambda_j)$ і варіюючи значеннями координати Z_1 у діапазоні $[0, Z_{01}]$, можна знайти інші координати точок, що належать лінії Парето. Застосування зворотних перетворень системи координат дозволяє визначити паретооптимальні параметри ТМС у вихідній системі координат.

Процедура інтенсивного відпрацювання НЗ за допомогою знайденого варіанта ТМС полягає в знаходженні такої адаптивно змінюваної інтенсивності відпрацювання НЗ, при якій у ході проведення тренувань забезпечується максимальний приріст рівня навченості ФСП. При цьому відповідно до плану інтенсивної підготовки повинно здійснюватись комбіноване вирішення наступних двох основних задач [4-6].

1. Навчання ФСП до необхідного рівня по виконанню НЗ при мінімальних часових витратах та обмежень на функціональний стан ФСП в процесі проведення тренувань (перша фаза інтенсивного навчання).

2. Підготовка ФСП по виконанню НЗ до максимального рівня навченості при заданих обмеженнях на часові витрати та функціональний стан ФСП у ході проведення тренувань і навчань (друга фаза інтенсивного навчання).

Рішення першої задачі здійснюється у випадку, коли ФСП за результатами тестування не досягли

необхідного рівня навченості. Для організації прискореної підготовки фахівців в ході проведення індивідуальних тренувань здійснюється відпрацювання у прискореному режимі такої кількості НЗ, при якій досягається необхідний рівень навченості ФСП з урахуванням їх функціонального стану. Вирішення цієї задачі здійснюється за допомогою методу прискореної підготовки ФСП [4].

З метою подальшого удосконалення майстерності ФСП, які успішно пройшли тестування, забезпечується рішення другої задачі по відпрацюванню такої кількості НЗ, при якій здійснюється максимальне підвищення рівня навченості ФСП (подальше удосконалення бойової майстерності з урахуванням їх функціонального стану). Вирішення цієї задачі здійснюється на основі використання методу оптимального поетапного планування тренувань [5, 6].

Для автоматизованого вирішення вищезазначених задач розроблено методичний апарат і програмне забезпечення формування оптимального плану інтенсивної підготовки ФСП. За допомогою даного програмного забезпечення, реалізованого на АРМ планування тренувань, крім визначення необхідної кількості для відпрацювання НЗ різних типів, здійснюється також формування за допомогою бази знань у визначеній часовій послідовності тактичних ситуацій і змістовне наповнення імітованої тактичної обстановки згідно з планом інтенсивної підготовки. При цьому в базі даних АРМ планування тренувань накопичуються і зберігаються тактичні ситуації, сценарії й епізоди, що мали місце в ході виконання НЗ ФСП. На основі застосування експериментального варіанта тренажерно-моделюючої системи і АРМ планування тренувань в ЕТ отримано оцінку ефективності практичного використання розроблених методів, моделей і методик у процесі підготовки ФСП. У залежності від вхідного контролю рівня підготовки тих, кого навчають, тренувальні заняття проходили відповідно до оптимального плану інтенсивної підготовки. Оцінка ефективності використання ТМС здійснювалась для двох варіантів (режимів) його застосування: у процесі прискореної підготовки ФСП і в ході тренувань з метою подальшого удосконалення майстерності ФСП з виконання поставлених НЗ. В залежності від ступеня розбіжності поточного і необхідного рівня підготовки ФСП за допомогою методу прискореної підготовки ФСП забезпечувалося корегування тактичної обстановки для відпрацювання наступного етапу тренування, тобто здійснювалося оптимальне керування процесом навчання.

Найбільш цінним практичним результатом досліджень є одержання необхідного статистичного матеріалу по закономірностям побудови і застосування тренажерно-моделюючих систем, а також по

оцінці ефективності підготовки ФСП. Процес створення й одержання експериментальних даних використання тренажерно-модельючої системи можна умовно розділити на наступні три етапи: етап I – створення комп'ютерної локальної мережі імітаторів стрільби зі стрілецької зброї, з'єднаних з автоматизованим робочим місцем планування тренувань та ЗВО; етап II – експериментальна перевірка працездатності автоматизованого робочого місця плану-

вання тренувань в режимі прискореної підготовки ФСП; етап III – експериментальна перевірка працездатності АРМ планування тренувань в режимі подальшого удосконалення бойової майстерності ФСП.

У табл. 1 наведені реальні дані об'єктивного контролю рівнів підготовки більш ніж 100 ФСП, що проходили курс інтенсивної підготовки з використанням ТМС.

Таблиця 1
Закономірності підвищення рівня підготовки ФСП за допомогою тренажерно-модельючої системи

№ етапу	Середній рівень вхідного контролю	Середній рівень вихідного контролю	Максимальна інтенсивність НЗ [НЗ/С]	Абсолютний приріст рівня навченості [бали]	Приріст рівня навченості [%]
Етап I	2,5	3,5	1	1,0	20
Етап II	2,5	4,0	2	1,5	30
Етап III	3,12	4,82	2	1,7	30-34

Впровадження в навчальний процес розроблених програмно-апаратних засобів планування та імітації обстановки забезпечує наближення умов роботи ФСП до реальних та підвищення їх рівня підготовки щодо виконання поставлених завдань.

Таким чином, на основі удосконалення та використання наведеного методичного апарату забезпечується вибір раціонального варіанта побудови ТМС ЕТ на базі дистанційно керованих комп'ютерних мереж, що надає змогу вирішити науково-практичну проблему підготовки фахівців спецпідрозділів до необхідного рівня навченості при мінімальних часових і вартісних витратах.

Література

1. Ямпольский, Л.С. Система автоматизированного проектирования робототехнологических комплексов [Текст] / Л.С. Ямпольский, О.М. Калин. – К.: Знание, 1982. – 18 с.
2. Герасимов, Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусствен-

ного интеллекта [Текст] / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.В. Токарев. – К.: Наук. думка, 1993. – 184 с.

3. Сложные технические и эргатические системы: Методы исследования [Текст]: моногр. / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко, В.В. Осташиевский. – Харьков: Факт, 1997. – 240 с.

4. Гунченко, Ю.О. Метод прискореної підготовки фахівців спецпідрозділів в навчально-тренувальному центрі [Текст] / Ю.О. Гунченко, А.А. Гончарук, С.А. Шворов // Вісник інженерної академії України. – 2012. – №3-4. – С. 55–59.

5. Гунченко, Ю.О. Модель функціонування адаптивної тренажерної системи для підготовки фахівців спецпідрозділів [Текст] / Ю.О. Гунченко, С.В. Ленков // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2011. – № 3. – С. 260 – 265.

6. Гунченко, Ю.О. Концептуальні засади побудови систем інтенсивної підготовки фахівців спецпідрозділів [Текст] / Ю.О. Гунченко // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – №1 (28). – С. 97–103.

Поступила в редакцію 6.02.2013, рассмотрена на редколлегии 13.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інформаційних технологій А.І. Сбітнев, Національний університет оборони України.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРОННОМ ТИПЕ

Ю.А. Гунченко, А.В. Селюков, С.А. Шворов, О.Н. Шинкарук

Предложен методический аппарат построения и применения тренажерно-моделирующей системы (ТМС) в электронном типе, с помощью которого обеспечивается интенсивная подготовка специалистов подразделений специального назначения до необходимого уровня обученности при минимальных временных и стоимостных затратах. Сформулированы концептуальные основы построения и организации функционирования ТМС. Рассмотрены методические основы синтеза ТМС. Приведены показатели эффективно-

сти ТМС, которые определяются с помощью теоретико-экспериментального метода на основе использования экспериментальных макетов системы, моделей функционирования ТМС и специальных методик оценки эффективности. Предложен рациональный вариант построения ТМС на базе дистанционно управляемой компьютерной сети.

Ключевые слова: методический аппарат, тренажерно-моделирующая система, электронный тир, синтез, параметры, система интенсивного обучения.

METHODICAL BASES OF CONSTRUCTION AND APPLICATION TRAINER-DESIGNING SYSTEMS IN ELECTRONIC SHOOTING-GALLERY

Y.O. Gunchenko, O.V. Sekykov, S.A. Shvorov, O.M. Shinkaruk

The methodical vehicle of construction and application of the trainer-designing system (TMS) is offered in an electronic dash by which intensive preparation of specialists of subdivisions of the special setting is provided to the necessary level of trained at minimum temporal and cost expenses. Conceptual bases of construction and organization of functioning of TMS are formulated. Methodical bases of synthesis of TMS are considered. The indexes of efficiency of TMS are resulted, which are determined by a theoretik-experimental method on the basis of the use of the experimental prototyping systems, models of functioning of TMS and special methods of estimation of efficiency. The rational variant of construction of TMS is offered on a base distance to the guided computer network.

Keywords: methodical vehicle, trainer-designing system, electronic shooting-gallery, synthesis, parameters, intensive departmental teaching.

Гунченко Юрій Олександрович – канд. техн. наук, доцент, докторант кафедри інформатики та управління захистом інформаційних систем, Одеський національний політехнічний університет; Одеса, Україна.

Слюков Олександр Васильович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник науково-дослідного центру, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Україна.

Шворов Сергій Андрійович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник, професор кафедри автоматизації та робототехнічних систем, Національний університет біоресурсів природокористування України, Україна.

Шинкарук Олег Миколайович – д-р техн. наук, проф., проректор, Хмельницький національний університет, Україна.